BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

22.0.22

92

DIE

INDUCTIONS-ELEKTRICITÄT.

Druck und Papier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

92

DIE

INDUCTIONS-ELEKTRICITÄT

IN

PHYSIOLOGISCH-THERAPEUTISCHER BEZIEHUNG

BEARBEITET

VON

Dr. EDUARD BAIERLACHER,
ausübendem Arzte zu Nürnberg.

MIT EINER LITHOGRAPHIRTEN TAFEL.

NÜRNBERG,
VERLAG VON WILHELM SCHMID.
1857.

BOSTON MEDICAL
JAN 31 1924

Die Herausgabe einer Uebersetzung in englischer, französischer und anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

22, 0.222

Vorwort.

Wer den Bestrebungen der Neuzeit auf dem Gebiete der medicinischen Elektricität mit einiger Aufmerksamkeit gefolgt ist, der wird zugestehen müssen, dass die Stelle, welche dieselbe gegenwärtig in der Heilkunde einnimmt, eine ganz andere, dass ihr Werth in der Therapie ein weit höherer geworden, als dies noch vor Kurzem der Fall war, in einer Zeit, wo bei den unklarsten Begriffen über die Erscheinungen der Elektricität, bei gänzlicher Unkenntniss der Wirkung dieser Kraft auf die verschiedenen Gebilde des thierischen Organismus, bei dem Mangel an bestimmten Anhaltspunkten für deren Anwendung, dieses Heilmittel oft in der naivsten und sonderbarsten Weise zu therapeutischen Zwecken verwendet wurde.

Dem französischen Arzte Duchenne de Boulogne gebührt das Verdienst, die therapeutische Wirkung der Inductions-Elektricität zuerst vom wissenschaftlichen Standpunkte beleuchtet und bestimmte Principien für deren Anwendung aufgestellt zu haben. Seinen Bemühungen haben wir es zu danken, dass die therapeutische Anwendung der Elektricität auf eine rationelle Basis zurückgeführt und nach bestimmten Indicationen geregelt werden kann. Duchenne's Entdeckung

der localisirten Anwendung des elektrischen Stromes zur isolirten Erregung der einzelnen Muskeln und Nerven hat nicht verfehlt, auch die Aufmerksamkeit anderer Forscher auf diesen Gegenstand zu lenken, der sowohl für die Anatomie wie für die Pathologie von gleich hohem Interesse ist. Von den deutschen Aerzten, welche nicht ohne eigenes Verdienst auf dem von Duchenne angebahnten Wege fortschritten und die Wissenschaft mit neuen Thatsachen bereicherten, sind besonders M. Meier und Remak zu erwähnen. Ausser diesen bedienten sich noch mit Erfolg der Inductions-Elektricität zur Heilung verschiedener Krankheitsformen Heidenreich, Erdmann, Schulz u. A. m.

Leider jedoch haben die zu Thatsachen gewordenen Errungenschaften auf diesem Gebiete die ihnen gebührende Beachtung und Anerkennung von dem bei weitem grössten Theile der Aerzte noch nicht gefunden. Ich glaube den Grund hievon theils in einem Mangel an hinreichender Kenntniss der physikalischen und physiologischen Erscheinungen der Elektricität, theils noch darin suchen zu müssen, dass eben die wenigsten Aerzte sich die Mühe nehmen, die Fortschritte auf diesem Gebiete zu verfolgen und, statt zu prüfen und sich zu überzeugen, Aeusserungen über die Wirksamkeit des elektrischen Stromes in dieser oder jener Krankheitsform mit einem mitleidigen Lächeln beantworten. Was den erst erwähnten Grund anbelangt, so ist es wahrhaft staunenswerth, dass selbst Männer, die zu den Trägern der Wissenschaft gehören, so wenig Kenntnisse über das Wesen und die Erscheinungen der Elektricität besitzen. So wird in einem pathologischen Handbuche der neuesten Zeit bei der Therapie einer Lähmungsform neben der Elektropunktur der Elektro-Magnetismus empfohlen, während jene doch nur eine Art der Application des elektrischen Stromes bezeichnet, welche sowohl für den constanten galvanischen Strom, sowie für den Inductionsstrom zulässig ist.

In Betreff der Entstehung der vorliegenden Schrift muss ich bemerken, dass dieselbe ursprünglich nicht für den Druck, sondern zu einer Reihe von Vorträgen im hiesigen ärztlichen Vereine bestimmt war, welchem Zwecke auch theilweise entsprochen wurde. Als ich jedoch mehrfach angegangen wurde, meine während zwei Jahren gemachten Beobachtungen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Elektrotherapie der Oeffentlichkeit zu übergeben, entschloss ich mich hiezu, indem ich mich bemühte, das etwas bunt durcheinander liegende Material soviel als möglich zu ordnen und meine Erfahrungen mit dem bereits Vorhandenen vereint zusammenzustellen. Das Resultat meiner Bemühungen findet der Leser in vorliegendem Buche.

Es lag bei Beginn dieser Arbeit im Sommer vorigen Jahres in meiner Absicht, neben der Inductions-Elektricität auch die Contact-Elektricität in gleicher Weise zu bearbeiten. Was mich zur Zeit davon abhielt, meinem ursprünglichen Plane nachzukommen, ist ein in der jüngsten Zeit erfolgter, von Remak veranlasster neuer Umschwung auf diesem Gebiete, der fruchtbringend für die Elektrotherapie zu werden verspricht. Ungeprüft jedoch wollte ich Remak's Beobachtungen nicht mittheilen, zu eigenen Versuchen hierüber fehlt es mir gegenwärtig an Zeit, und so entschloss ich mich, das Capitel über die therapeutische Verwendung der Contact-Elektricität hier gänzlich fallen zu lassen. Die etwas ausführliche Besprechung der physikalischen und physiologischen Erscheinungen des Galvanismus dürfte trotz der Hinweglassung des vorerwähnten Capitels doch nicht überflüssig sein, da ohne sie, namentlich ohne genaue Kenntniss des Ohm'schen Gesetzes, eine volle Verständigung der Erscheinungen der Induction und der Wirkung elektrischer Ströme auf den thierischen Organismus nicht möglich ist. Dass ich in dem physikalischen Theile alle mathematischen Formeln vermied und die betreffenden Gesetze durch praktische Beispiele anschaulich zu machen suchte, wird den

praktischen Werth des Buches hoffentlich nicht schmälern und mir daher auch nicht zum Vorwurf gereichen.

Schliesslich halte ich es für meine Pflicht, denjenige meiner verehrten Herren Collegen, welche mich durch Ueberlassen von zur elektrischen Behandlung geeigneten Kranken in meiner Arbeit unterstützten, meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Nürnberg, im Mai 1857.

Dr. Eduard Baierlacher.

Inhalt.

I. Physikalischer Theil.

Seite

A. Galvanismus.

1) Theorie der galvanischen Ströme. Gesetze der Stromstärke . 1
2) Apparate zur Erzeugung galvanischer Ströme 14
Literatur 25

B. Inductions-Elektricität.

1) Volta-elektrische Ströme. Theorie der Induction. Primärer (Extra-) Strom, secundärer Strom 27
2) Volta-elektrische Apparate 51
3) Magneto-elektrische Ströme und Apparate 53
Vergleichung der Eigenschaften beider Ströme 57
Literatur 58

C. Von den elektromotorischen Eigenschaften des Thierkörpers 60
Literatur 68

II. Physiologischer Theil.

Das Verhalten der verschiedenen Gebilde des Thierkörpers gegen elektrische Ströme.

a) Verhalten der motorischen Nerven und der Muskeln 73
b) „ „ sensitiven Nerven 89
c) „ „ Sinnesnerven 95
d) „ „ Nervencentren des Gehirns und Rückenmarks . 100
e) „ „ organischen Muskeln 105
f) Einwirkung elektrischer Ströme auf die Haut 113
g) „ „ „ auf das Blut 115
Literatur 117

III. Therapeutischer Theil.

Seite

Nothwendige Eigenschaften eines zu medicinischen Zwecken brauchbaren Inductionsapparates 121

Volta-elektrische Apparate 132
Der Inductionsapparat des Verfassers 141
Magneto-elektrische Apparate 149

Methode der Anwendung elektrischer Ströme.

Faradisation der einzelnen Organe 152

Verwerthung des Inductionsstromes in der Therapie 173

I. Die Faradisation in der Therapie der Nervenkrankheiten.

A. Krämpfe 177
1) Krampf im Bereiche des N. facialis (Gesichtsmuskelkrampf) . 179
2) Krampf im Bereiche des N. access. wil. (Halsmuskelkrampf) 181
3) Krampf im Bereiche des N. laryngeus inf. (Stimmkrampf) . . —
4) Krämpfe im Bereiche der motorischen Nerven der Extremitäten 182

B. Lähmungen 183
1) Traumatische Lähmung der motorischen oder gemischten Nerven 185
2) Rheumatische Lähmungen 192
3) Lähmungen in Folge von Blei-Intoxication 204
4) Cerebral bedingte Lähmungen 212
5) Spinale Lähmungen 221
6) Hysterische Lähmungen 224
7) Idiopatische Lähmung der Kinder 228
8) Progressive Muskelatrophie 230
9) Lähmungen im Bereiche der Blase und des Mastdarmes . . . 236

C. Hyperästhesien.
Neuralgien 238

D. Anästhesien 242
1) Anästhesie der Haut 243
2) Anästhesie der Muskeln 245

E. Die Faradisation als resorptionsbeförderndes Mittel. 248

II. Die Faradisation in der Gynäkologie und Geburtshülfe . . 250

Literatur 258
Erklärung der Abbildungen 262

JAN 6 1904

A. Galvanismus.

1) Theorie der galvanischen Ströme.

Bekanntlich sehen wir durch die Berührung zweier heterogener Metalle, z. B. von Kupfer und Zink, an einem damit verbundenen feuchten Leiter Erscheinungen entstehen, die man mit dem Namen Galvanismus bezeichnet. Mehrere solcher Metalle, in Form von Platten vermittelst feuchter Leiter zu einem Ganzen verbunden, und zwar in der Art, dass jedes Plattenpaar von dem nächstfolgenden durch einen feuchten Leiter getrennt ist, bilden die Volta'sche Säule.

Wenn wir den Vorgang, der bei der Berührung der genannten Metalle statt hat, näher untersuchen, so finden wird dass eine bestimmte Menge neutraler Elektricität unter dem Einflusse der durch die Berührung der Metalle auftretenden elektromotorischen Kraft in positive und negative Elektricität zerlegt wird, wobei sich erstere auf dem Zink, letztere auf dem Kupfer ansammelt. Der bei weitem grösste Theil der so getrennten Elektricitäten ist an der Berührungsstelle der Metalle angehäuft, und nur ein sehr kleiner Theil verbreitet sich über die übrige Masse der Metalle. Durch diesen Vorgang allein ist es erklärlich, dass die durch die elektromotorische Kraft getrennten Elektricitäten auch getrennt auf den ihnen entsprechenden Metallen verbleiben und die Wiedervereinigung verhindert wird. Werden nun die beiden Metalle eines einfachen Elementes durch einen feuchten Leiter, oder die beiden Pole einer Säule, die einander entgegengesetzten Kupfer- und Zinkplatten, durch einen Leitungsdraht verbunden, so strömen fort-

während beide Elektricitäten zu einander über, die an den betreffenden Berührungspunkten der Metalle durch die fortwährend thätige elektromotorische Kraft in demselben Maasse immer wieder neu erzeugt werden. Die Menge der erzeugten Elektricität hängt somit ab von der Grösse der elektromotorischen Kraft. Anders verhält es sich mit der Menge der bewegten Elektricität, welche in einer gewissen Zeit durch den Querschnitt des Schliessungsbogens strömt, und die für die Stärke eines elektrischen Stromes maassgebend ist. Man nennt denjenigen Strom einen stärkeren, bei dem eine grössere Menge Elektricität in ein und derselben Zeit durch einen bestimmten Querschnitt strömt, als bei einem anderen.

Die Quantität der durch einen Schliessungsbogen sich bewegenden Elektricität hängt, wie das Ohm'sche Gesetz lehrt, wesentlich von zwei Umständen ab; erstens von dem zu überwindenden Leitungswiderstande, und zweitens von der Spannung, unter welcher die Elektricität durch den Schliessungsbogen getrieben wird.

Jeder elektrische Strom verliert auf seinem Wege, je nach der Natur und der Beschaffenheit des Körpers, den er durchströmt, mehr oder weniger von seiner ursprünglichen Kraft. Dieses Verhalten eines Körpers gegen einen elektrischen Strom nennt man dessen Leitungswiderstand, und bestimmt die Grösse desselben nach dem Einflusse, den er auf die Stärke des Stromes ausübt (umgekehrt nennt man die Eigenschaft eines Körpers, genannte Erscheinung in höherem oder geringerem Grade darzubieten, dessen Leitungsfähigkeit).

Der Leitungswiderstand eines Körpers und somit auch seine Leitungsfähigkeit ist verschieden erstens je nach seiner äusseren und inneren Beschaffenheit oder nach seiner Form, und zweitens nach dem Stoffe, aus dem er besteht. Was die erstere Verschiedenheit anlangt, wählen wir zur Vergleichung der sich ergebenden Resultate Metalldrähte, aus einem und demselben Metalle, aber von verschiedenem Längs- und Querdurchmesser. Man bedient sich zum Messen der Stärke eines galvanischen Stromes der Eigenschaft desselben, eine Magnetnadel aus ihrer Ruhelage abzulenken. Wenn man nun ein hiezu construirtes Instrument (Galvanometer) in den Schliessungsbogen einer Kette einschaltet, so wird die Magnetnadel nach einer bestimmten

Richtung hin abgelenkt, und zwar wird der Ablenkungswinkel um so grösser sein, je stärker der zu prüfende Strom war. Verlängert man nun den Schliessungsbogen durch Hinzufügen eines neuen Stückes Draht, wodurch der Stromweg um so viel länger wird, so wird eine geringere Ablenkung der Nadel eine Schwächung des Stromes anzeigen.

Um zu erfahren, in welchem Verhältnisse die Länge des Schliessungsdrahtes zu seinem Leitungswiderstande und der daraus resultirenden Schwächung des Stromes steht, schaltet man in die Kette abwechslungsweise Metalldrähte von verschiedener Länge ein, und es wird der jedesmalige Ablenkungswinkel anzeigen, dass die Abnahme der Stromstärke mit der Zunahme der Drahtlänge in gleichem Verhältnisse steht, dass somit die durch den Draht bewirkte Veränderung der Stromstärke seiner Länge proportional ist.

Um allenfallsigen Missverständnissen des soeben besprochenen Satzes vorzubeugen, muss erwähnt werden, dass nur dann gleiche Verhältnisse zwischen Zunahme der Drahtlänge und Abnahme des Ablenkungswinkels zum Vorschein kommen können, wenn auch der Leitungswiderstand des elektromotorischen Apparates selbst, und des Theiles des Messinstrumentes, den der Strom zu passiren hat, in Rechnung gebracht und von den Summen des Gesammtleitungswiderstandes zuvor abgezogen wurden.

Die eben erwähnten Erscheinungen sehen wir jedoch nur bei Drähten von unverändertem Querschnitte; anders verhält es sich, wenn Drähte von ungleicher Dicke in den Kreis der Kette eingeschaltet werden. Es tritt hier eine Umkehr der Verhältnisse ein in der Art, dass, während wir soeben bei Drähten von gleicher Dicke mit der Zunahme ihrer Länge eine gleichmässige Abnahme der Stromstärke eintreten sahen, hier mit der Zunahme der Dicke bei gleicher Länge in demselben Verhältnisse auch die Stromstärke zunimmt.

Wir gelangen somit in Betreff des Einflusses genannter Verhältnisse zwischen Längs- und Querdurchmesser von Leitungsdrähten auf ihren Leitungswiderstand zu dem Schlusse, dass der Widerstand gleichartiger Drähte ihrer Länge direct und ihrem Querschnitte umgekehrt proportional sich verhält.

Also nicht die Masse resp. die Menge des Metalles, durch welches die Ausgleichung der elektrischen Ströme stattfindet, ist maassgebend für seinen Widerstand, sondern die Form oder vielmehr das Verhältniss der Länge zur Dicke desselben. Das Erwähnte durch ein praktisches Beispiel versinnlicht, ergiebt sich, dass ein 50 Meter langer Kupferdraht von bestimmter Dicke denselben Leitungswiderstand darbietet, als ein 100 Meter langer von doppelter Dicke; oder wenn wir auf das Gewicht des Metalles Rücksicht nehmen, dass 1 Pfd. Kupfer, zu einem Drahte von 100 Meter Länge ausgezogen, eben so gut leitet, als 4 Pfund Kupfer von 200 Meter Länge, oder $^1/_4$ Pfund Kupfer, das eine Länge von 50 Meter hat.

Wir haben in dem Vorhergehenden die Gesetze kennen gelernt, denen der Leitungswiderstand der Körper in Anbetracht ihrer Form unterliegt. Wie schon erwähnt, bieten eben die verschiedenen Körper selbst wieder eine Verschiedenheit in dem Verhalten ihrer Leitungswiderstände dar, die, abgesehen von ihrer Form, durch ihre chemische Beschaffenheit oder vielmehr durch den Stoff, aus dem sie bestehen, bedingt wird. Man nennt solche Körper, die einem elektrischen Strome einen verhältnissmässig grösseren Widerstand bei seinem Durchgang entgegensetzen als andere, schlechte Leiter, während diese zu den guten Leitern gezählt werden. So sehen wir, dass Metalle elektrische Ströme am besten zu leiten vermögen, und unter diesen nimmt das Silber die oberste Stelle ein, während das Quecksilber unter allen Metallen diese Eigenschaft am geringsten besitzt; dazwischen liegen in absteigender Reihe: Kupfer, Gold, Kadmium, Messing, Zink, Palladium, Eisen, Platin, Zinn, Nickel, Blei und Neusilber. Es sind dies die Metalle, deren Verschiedenheit in Betreff ihrer Leitungsfähigkeit hydroelektrischer Ströme von Ries und Becquerel untersucht und bestimmt wurde.

Weniger gute Elektricitätsleiter als die Metalle sind die wässerigen Flüssigkeiten und der thierische Körper. Was letzteren anbelangt, so gehört derselbe im Allgemeinen gerade nicht zu den schlechten Leitern, besonders einzelne seiner Organe, und da derselbe nur in Folge der ihn imprägnirenden wässerigen Flüssigkeiten zu einem Elektricitätsleiter wird, eine Eigenschaft, die ihm im trockenen, wasserfreien Zustande gänzlich fehlt, so ist die Leitungsfähigkeit derjenigen Gebilde um so grösser, die

verhältnissmässig eine grössere Menge Wasser in sich aufgenommen haben. Dadurch ist es erklärlich, dass eine trockene Epidermis dem elektrischen Strome einen grösseren Widerstand entgegensetzt, als wenn dieselbe durch Schweiss oder Wasser feucht erhalten wird — dass ein von zahlreichen Blutgefässen durchdrungener Muskel einen elektrischen Strom besser leitet, als die wasserarmen Haargebilde, Haare und Nägel.

Verschiedene Physiker, wie namentlich Pouillet, Lenz und Schlesinger, haben sich bemüht, die einzelnen Theile des menschlichen Körpers in Anbetracht ihrer Leitungsfähigkeit zu untersuchen, und die Unterschiede in Zahlen auszudrücken. So sollen die Muskeln 4 mal so gute Leiter sein, als die Nerven, diese 10 bis 20 mal besser leiten, als destillirtes Wasser, ferner soll die Epidermis einen 50 mal grösseren Leitungswiderstand besitzen, als der ganze menschliche Körper in seinem seitlichen Querdurchmesser*), dann soll das Leitungsvermögen der Knochen mit dem der Nerven so ziemlich gleich sein.

Wenn wir die einzelnen Gebilde des menschlichen Körpers in einer Reihenfolge vergleichen, ergiebt sich folgendes Schema: den geringsten Widerstand bieten die organischen Flüssigkeiten, besonders das an Salzen reiche Blut, diesem folgen die Schleimhäute, die Muskelsubstanz, die Nerven, die Gehirn- und Rückenmarksmasse, die Knochen, die Cutis, die Bänder und Aponeurosen, die Sehnen, die Epidermis und endlich die Haare und Nägel, welche letztere in Folge ihrer Trockenheit zu den schlechtesten Leitern gehören.

Die Gesetze von dem Leitungswiderstande in Betreff des Verhältnisses zwischen Längs- und Querdurchmesser des leitenden Körpers, wie wir sie für Metalle kennen gelernt haben, finden auch bei allen Flüssigkeiten, vegetabilischen und animalischen Körpern, somit auch beim Menschen ihre Anwendung. Je grösser somit bei gleicher Länge der Querschnitt eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Körpers oder

---

*) Lenz und Ptschelnikoff fanden den Leitungswiderstand des ganzen menschlichen Körpers, wenn man die Hände in schwach angesäuertes Wasser taucht, gleich dem eines 1 Millim. dicken Kupferdrahtes von 91,762 Metern Länge.

Körpertheiles ist, desto geringer ist seine Widerstandsfähigkeit. So fand Lenz beim Menschen, dass der Widerstand, den eine obere und eine untere Extremität bietet, ziemlich derselbe ist, da letztere zwar doppelt so lang ist als ein Arm, ihr Querschnitt aber auch ein doppelt so grosser ist, wodurch der Unterschied im Widerstande wieder ausgeglichen wird.

Noch ein nicht unbeträchtlicher Einfluss auf die Leitungsfähigkeit der Körper bleibt zu erwähnen: der Temperaturzustand derselben, der je nach ihrer Beschaffenheit sie zu besseren oder schlechteren Leitern macht. Es wird die Leitungsfähigkeit der wässerigen Flüssigkeiten und somit auch des menschlichen Körpers, der, wie erwähnt, nur durch seinen Wassergehalt zu einem Elektricitätsleiter wird, durch Erhöhung der Temperatur verstärkt, während die Metalle unter demselben Einflusse einen Theil ihres Leitungsvermögens verlieren und zu schlechteren Leitern werden.

Wir haben nun im Vorhergehenden den Einfluss kennen gelernt, den der Leitungswiderstand eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Körpers auf dessen Stärke ausübt, und gelangen nun zu dem zweiten die Stromstärke bedingenden Momente, nämlich der Spannung oder dem Drucke, welcher die in dem elektromotorischen Apparate erzeugte Elektricitätsmenge durch den Leiter hindurchtreibt.

Wir haben gesehen, dass mit der Zunahme des Leitungswiderstandes im Schliessungsbogen eines galvanischen Apparates die Stärke des in demselben erzeugten Stromes sich vermindert. Die Stärke eines Stromes ist aber, wie schon erwähnt, abhängig von der Menge Elektricität, die in einer bestimmten Zeit durch den Querschnitt eines Schliessungsbogens strömt. Es wird daher eine verhältnissmässig grössere Kraft nothwendig sein, dieselbe Menge Elektricität durch einen Körper zu bewegen, der einen grösseren Widerstand leistet, als ein anderer. Eine Vergrösserung dieser Kraft erhalten wir aber, wie das Ohm'sche Gesetz lehrt, durch Vergrösserung des Leitungswiderstandes des elektromotorischen Apparates. Wenn ein elektrischer Strom in dem Schliessungsbogen einer Kette auf einen verhältnissmässig grossen Widerstand stösst, so wird die Stärke des Stromes um so mehr vermindert, je geringer

der Leitungswiderstand in dem Elektricitätserreger selbst ist, also je grösser das Missverhältniss in diesem Sinne zwischen dem Widerstande der Kette und dem des Schliessungsbogens ist. Eine solche Vergrösserung des Widerstandes in dem Elektricitätserreger und somit eine Vermehrung der Spannkraft eines Stromes wird durch Vervielfältigung der elektromotorischen Oberflächen einer Kette erzielt, wofür als Grundtypus die Volta'sche Säule gilt, und zwar wächst diese Kraft im geraden Verhältnisse mit der Anzahl der Plattenpaare oder Elemente.

Es sind somit bei jedem galvanischen Apparate in Anbetracht seiner Stärke zwei Dinge zu berücksichtigen: einmal die Menge der erzeugten Elektricität, welche, wie wir gesehen haben, abhängt von der Grösse der elektromotorischen Oberfläche, und zweitens die Menge der in Bewegung gesetzten Elektricität, welche einestheils aus der Grösse der elektromotorischen Kraft, anderntheils aus dem Verhältniss zwischen dem Widerstande des Elektricitätserregers und dem des Leiters resultirt.

Ist in dem Schliessungsbogen einer Kette ein sehr geringer Widerstand zu überwinden, so kann ein einziges Element mit grosser Oberfläche schon eine verhältnissmässig grosse Menge Elektricität in Bewegung setzen; denn obwohl sein Widerstand oder seine Spannkraft eine geringe, so wird er doch im Stande sein, den noch geringeren Widerstand im Schliessungsbogen zu überwinden, und den grössten Theil der in dem Element erzeugten Elektricität wirksam zu machen. Anders verhält sich's jedoch, wenn der in dem Schliessungsbogen zu überwindende Widerstand sehr gross ist, hier reicht die geringe Spannung der auf den beiden Erregern haftenden Elektricitätsmenge nicht hin, ihre vollkommene Ausgleichung durch den Schliessungsbogen zu bewerkstelligen, sondern es wird nur ein verhältnissmässig kleiner Theil denselben passiren, und der Strom von demselben Elemente, das mit dem kurzen Schliessungsbogen versehen einen sehr starken Strom lieferte, jetzt nur sehr schwach zum Vorschein kommen.

Um die Eigenschaft eines Stromes kennen zu lernen, die er während seines Durchganges durch den Schliessungsbogen und gleichsam als Folge desselben erleidet, vergleichen wir den Strom eines einzelnen Elementes von grosser Oberfläche,

das durch einen kurzen und dicken Draht geschlossen ist, also einen Schliessungsbogen von geringem Widerstande, mit dem einer Säule, deren wirksame Flächen zusammen denen des einen Elementes an Grösse gleich kommen, und die mit einem verhältnissmässig längeren und dünneren, also einen grösseren Widerstand leistenden Schliessungdrahte versehen ist. Da hier bei beiden Elektricitätsquellen die elektromotorischen Oberflächen gleich gross sind, und angenommen auch die Widerstandsverhältnisse der Schliessung zu denen ihrer Apparate dieselben sind, so wird folglich auch in den beiden Leitungsdrähten annäherungsweise*) eine gleiche Menge Elektricität sich bewegen, so verschieden auch ihr Querdurchmesser ist.

Da somit durch den dünnen Schliessungsdraht in derselben Zeit eine gleich grosse Menge sich bewegt, wie durch den dicken Draht, so muss sich erstere nothwendigerweise in einem anderen, einem dichteren Zustande befinden, als die den grösseren Querschnitt passirende Elektricität.

Man hat für diese Verschiedenheit der Dichtigkeit elektrischer Ströme auch die Bezeichnung der Unterschiede nach Quantität und Qualität oder Intensität gewählt. Demnach nennen wir also einen Strom aus einem Elemente von grosser Oberfläche mit dickem und kurzem Schliessungsbogen einen quantitativ starken, während wir die Qualität oder Intensität eines Stromes von der Anzahl der vereinigten Elemente abhängig sehen.

Aus dem über die Gesetze der Stromstärke Erwähnten geht aber hervor, dass man die Stärke des Stromes eines galvanischen Apparates oder dessen Beschaffenheit überhaupt, nie nach der Grösse der erregenden Flächen, oder nach deren Vertheilung allein beurtheilen kann, indem hier immer noch der im Schliessungsbogen zu überwindende Leitungswiderstand als maassgebend in Rechnung zu bringen ist. Um daher für einen bestimmten Zweck einen möglichst wirksamen Strom zu erhalten, ist es unumgänglich nothwendig, den zu überwinden-

*) Es wird natürlich die Gesammtmenge der auf der Säule befindlichen Elektricität etwas kleiner sein als die des einen Elementes, indem durch den Widerstand der feuchten Zwischenleiter der Säule ein Theil verloren geht.

den Leitungswiderstand im Schliessungsbogen genau zu kennen und zu würdigen, indem davon allein die Vertheilung der elektromotorischen Oberfläche abhängt. Nach der Grösse des Widerstandes im Schliessungsbogen richtet sich der Widerstand im Elektricitätserreger*). Nicht der Zweck bedingt die Art und Weise der Construction des Apparates, sondern der Widerstand des in den Schliessungsbogen eingeschalteten Körpers. Ist dieser Körper eine Flüssigkeit oder ein Theil eines thierischen Organismus, welche beide dem Durchgange eines elektrischen Stromes einen grösseren Widerstand leisten als Metalle, so ist eine grössere Spannung erforderlich, ein erhöhter Widerstand in der Elektricitätsquelle, um einen wirksamen Strom zu erhalten; doch sind auch hier wieder Umstände wie die Länge des Stromweges in einer Flüssigkeit oder dem thierischen Körper genau zu erwägen. Wenn wir uns daher, um vermittelst eines galvanischen Stromes chemische Effecte hervorzubringen, Flüssigkeiten zu zersetzen etc., vorherrschend eines intensiven Stromes, eines Stromes von grosser Spannkraft bedienen, so ist das nicht etwa, weil einem solchen Strome besonders diese Eigenschaft zukommt, wie häufig geglaubt wird, sondern es ist lediglich der grössere Widerstand, den die Flüssigkeit einem elektrischen Strome entgegensetzt, zu dessen Ueberwindung es eines grösseren Widerstandes im Elektricitätserreger bedarf, und der uns daher veranlasst, zur Vollbringung des genannten Effectes einen intensiven Strom zu wählen, ohne besondere Rücksichtnahme auf dessen Quantität. Wird jedoch der Widerstand der Flüssigkeitsmasse durch Verkürzung des Stromweges in ihr verringert, und zu gleicher Zeit dafür gesorgt, dass die Endigungen der Poldrähte an möglichst vielen Punkten sich genähert werden, indem dieselben nicht in Spitzen, sondern in Flächen enden, wodurch der Querschnitt des Strombettes vergrössert wird, so gelingt die chemische Zersetzung von Flüssigkeiten auch mit einem Elemente. Ich habe auf diese Weise vermittelst eines kleinen Bunsen'schen Elementes Wasser zer-

*) Die Art und Weise, wie der Widerstand eines elektromotorischen Apparates zu bestimmen und dessen reducirter Leitungswiderstand zu finden ist, siehe Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik, Band I, S. 566 ff., sowie in jedem anderen guten Handbuche der Physik.

setzt, mit ziemlich lebhafter Entwickelung von Wasserstoffgas am negativen Pole. Ein geringer Zusatz irgend eines Salzes — 2 Gr. Kochsalz auf 1 Unze Wasser — hatte eine beträchtliche Zunahme der Gasentwickelung zu Folge. Ich stellte diese Versuche auch mit anderen ebenso verdünnten Salzlösungen an, als mit Jodkalium, schwefelsaurem und kohlensaurem Natron, mit Aetzkali, und stets mit demselben Resultate. Weit entfernt, zu behaupten, dass hier durch Zusatz einer geringen Menge Salz zum Wasser, also lediglich nur in Folge des hiedurch geringer gewordenen Leitungswiderstandes der Flüssigkeit, eine leichtere Zersetzung derselben erzielt wurde, da zur Trennung des Chlors vom Natrium, oder der Schwefelsäure oder Kohlensäure vom Natron ein weniger intensiver Strom erforderlich ist, als zur Trennung der weit innigeren Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff im Wasser*), — so haben mir doch Versuche über die Leitungsfähigkeit von Flüssigkeiten unverkennbar gezeigt, dass ein ganz geringer Zusatz von Salzen, noch weit kleiner als ich ihn zu den obigen Versuchen anwendete, jene um ein Bedeutendes erhöhten.

Noch auffallender treten die Unterschiede der Wirkung elektrischer Ströme je nach der Leitungsfähigkeit der in dem Schliessungskreise einer Kette befindlichen Körper hervor, wenn man bedenkt, wie Pouillet gezeigt hat, dass eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol von 15° einen 16 Millionen mal grösseren Widerstand hat, als metallisches Kupfer, dass destillirtes Wasser selbst wieder einen 400 mal grösseren Leitungswiderstand besitzt, als die angegebene Lösung von Kupfervitriol.

Bei so gewaltigen Differenzen in den Widerständen der Metalle und denen der Flüssigkeiten ist es sehr leicht erklärlich, dass ein elektrischer Strom leichter einen Kupferdraht von meh-

---

*) Wenn durch eine verdünnte Kochsalzlösung ein galvanischer Strom geleitet wird, so ist es nicht das Wasser, welches durch denselben zerlegt wird, sondern das Chlornatrium, wobei sich das Chlor als — Körper zum + Pole und das äusserst + Natrium zum — Pole begiebt. Das Wasser erleidet hiebei erst eine secundäre chemische Zersetzung, und zwar wegen der grossen Verwandtschaft des Natriums mit dem Sauerstoff, es wird daher aus dem Wasser eine so grosse Menge Sauerstoff abgeschieden; als zur Oxydation des am — Pole befindlichen Natriums erforderlich ist.

reren 1000 Metern Länge durchläuft, als wenige Millimeter einer Flüssigkeit, dass wir somit mit einem elektrischen Strome, der sich auf seinem ganzen Umlaufe in einem Kupferdrahte bewegt, einen weit grösseren Effect hervorbringen können, als wenn derselbe auf seinem Wege eine noch so geringe Flüssigkeitsschicht zu durchsetzen hat. Die natürliche Folge davon ist, dass ein Strom von verhältnissmässig sehr schwacher Spannkraft einen sehr kräftigen Magnet zu erzeugen im Stande ist, der zur chemischen Zerlegung einer ganz kleinen Menge Flüssigkeit vollkommen unzureichend wäre.

Also nicht die Verschiedenheit des angestrebten Zweckes ist es, die uns in dem einen Falle veranlasst, ein einziges Element mit grosser Oberfläche zu wählen, und in dem anderen Falle, die elektromotorische Oberfläche auf möglichst viele Elemente zu vertheilen, sondern die Verschiedenheit der in beiden Fällen zu überwindenden Leitungswiderstände.

Eine theilweise Ausnahme von diesen Verhältnissen beobachten wir bei der thermischen Wirkung des galvanischen Stromes. Jeder von einem galvanischen Strome durchflossene Metalldraht wird durch denselben erwärmt, und zwar hängt der Grad der Erwärmung von der Elektricitätsmenge ab, welche in einer bestimmten Zeit den Querschnitt eines Drahtes durchströmt. Wenn wir ein galvanisches Element mit einem kurzen Metalldrahte schliessen, so erwärmt sich dieser, und die Erwärmung wird sich bis zur Glühhitze steigern, wenn die Quantität der in Bewegung gesetzten Elektricität im Verhältniss zur Dicke des Drahtes gross genug ist, diese Wirkung zu erzeugen. Es wächst somit bei sehr kurzen Drähten die Stärke der Erwärmung im geraden Verhältnisse mit der Menge der erzeugten Elektricität, und im umgekehrten mit dem Querschnitte des Drahtes. Diese Ausnahme von den Gesetzen der Stromstärke, wie wir sie im Vorhergehenden kennen gelernt haben, bei der thermischen Wirkung des galvanischen Stromes, wo wir mit der Verkleinerung des Querschnittes, also mit der Vergrösserung des Leitungswiderstandes die Wirkung ein und desselben Stromes sich verstärken sahen, ist jedoch nur eine scheinbare, und wird erklärlich, wenn wir bedenken, dass nur bei sehr kurzen Drähten diese Erscheinung statt hat, wo der Widerstand des Leitungsdrahtes den des Elementes nicht

übertrifft. Wäre dies der Fall, so müssten wir entweder den Widerstand des Elementes vergrössern, oder den des Schliessungsbogens verringern. Dies erreichen wir aber durch Verkürzung desselben, so dass die Vergrösserung des Widerstandes, die wir durch die Verkleinerung des Querschnittes verursachten, durch Verkürzung des Drahtes wieder ausgeglichen wird. Es ist also nicht der absolute Werth der Stromstärke, der hier zunimmt, sondern nur die Wirkung der in dem Drahte strömenden Elektricität auf diesen selbst, und da wir gesehen haben, dass die Stärke der Erwärmung eines Drahtes von der Menge der ihn in einer bestimmten Zeit durchströmenden Elektricität abhängt, so muss nothwendig unter sonst gleichen Verhältnissen eine Verkleinerung des Querschnittes auch ein stärkeres Erwärmen des Drahtes zur Folge haben.

Ich glaube im Vorstehenden zur Genüge gezeigt zu haben, wie wichtig eine genaue Kenntniss und Würdigung der Gesetze der Stromstärke, wie sie besonders Ohm und Pouillet entwickelt haben, für die Verwerthung eines elektrischen Stromes sind. Zu welchen Zwecken auch immer ein solcher verwendet werden mag, so entscheidet doch stets die Grösse des im Schliessungsbogen zu überwindenden Leitungswiderstandes, ob diese oder jene Form eines galvanischen Apparates zu wählen ist. Es ist daher unumgänglich nothwendig, den jedesmaligen Einfluss des Leitungswiderstandes auf die Stromstärke zu beachten, wenn man nicht einen beträchtlichen Theil der erwarteten Wirkung des Stromes verlieren will. Diese Verhältnisse sind bisher von Aerzten, die sich mit der Anwendung der Elektricität in der Medicin befassten, oder von den Mechanikern, denen die Anfertigung elektrischer Apparate oblag, meist nur zu wenig oder gar nicht berücksichtigt worden. Die unmittelbare Folge davon war, dass einestheils unklare Vorstellungen über die Eigenschaften und Wirkungen elektrischer Ströme entstanden, oder dass in Folge getäuschter Erwartungen die Wirksamkeit des elektrischen Stromes in diesem oder jenem Falle verkannt und von einem Verfahren abgestanden wurde, dessen Misslingen nur einer verkehrten Anwendungsweise zuzuschreiben war, oder dass anderntheils Apparate construirt wurden, deren Wirkung ihrem Umfange nicht entsprach. Manche Erscheinung in dem Gebiete der Elektricität, die bei

oberflächlicher Betrachtung unerklärlich scheint, und zur Annahme einer von den übrigen Erscheinungen abweichenden Eigenthümlichkeit Veranlassung giebt, findet einfach und ausschliesslich ihre Erklärung in den erwähnten Gesetzen. Ich erinnere hiebei noch einmal an die Unterschiede der physiologischen und physikalischen Wirkung eines galvanischen Apparates — hier sehen wir durch den Strom eines einzigen kleinen Elementes einer wenige Quadratzoll erregenden Oberfläche einen kräftigen Magnet entstehen, dort bedürfen wir eines Apparates von 20 bis 30 Elementen, um eine nur einigermaassen bemerkbare Wirkung auf die sensitiven oder motorischen Nerven zu erzielen. Wenn wir die Grösse der in beiden Fällen zu überwindenden Leitungswiderstände vergleichen, so wird die bedeutende Differenz, die sich herausstellt, und der jedesmalige Einfluss auf die Stromstärke, die Verschiedenheit in dem Auftreten der beiden Ströme leicht erklären.

Es ist hier natürlich nicht die Verschiedenheit der Wirkung selbst gemeint, sondern nur die Verschiedenheit von Kraftaufwand, um diese oder jene Wirkung hervorzubringen, die wir von dem jedesmaligen Leitungswiderstande abhängig sehen; denn dass das Resultat der Einwirkung eines elektrischen Stromes auf den thierischen Organismus ein anderes sein muss, als wir es bei der Einwirkung eines Stromes auf ein Metall beobachten, versteht sich von selbst und ist in der Verschiedenheit der Natur der beiden Körper begründet.

Dass wir zur Erzeugung einer physiologischen Wirkung nicht absolut eines intensiven Stromes bedürfen, hat schon Galvani durch die Art und Weise der Entdeckung des Galvanismus bewiesen; wir können auch mit einem einzigen Elemente physiologische Effecte erzielen, wenn das von dem Strome durchflossene thierische Gebilde in Anbetracht seines Leitungswiderstandes dem Widerstande des Elementes anpassend ist, oder eine erhöhte Reizbarkeit desselben das Zustandekommen einer Wirkung begünstigt, wie das bei einem Froschpräparate und bei der Retina des Menschen der Fall ist.

2. Apparate zur Erzeugung galvanischer Ströme.

Wir haben in dem vorhergehenden Capitel die Bedingungen kennen gelernt, unter welchen die Berührung zweier Metalle einen elektrischen Strom erzeugen kann, haben die Theorie der Volta'schen Säule kennen gelernt und gesehen, wie durch Zusammensetzen von einzelnen Elementen zu einem Ganzen der Strom verstärkt oder verdichtet wird, und zwar proportional der Anzahl der Elemente, so dass ein Strom von einer Säule aus 40 Elementen ein doppelt so dichter ist, als ihn unter sonst gleichen Verhältnissen 20 Elemente erzeugen. Wir haben ferner den Einfluss erwähnt, welchen der jedesmalige Leitungswiderstand des Schliessungsbogens einer Kette auf deren Stromstärke ausübt; es bleibt nun zunächst zu erwähnen, welche Metalle oder welche Stoffe überhaupt und welche Art und Weise der Zusammensetzung die günstigsten Bedingungen zur Erzeugung eines kräftigen Stromes liefern. In der Volta'schen Säule sind die elektromotorischen Körper Kupfer- und Zinkplatten und Scheiben aus Pappe oder Tuch, die mit Salzwasser oder sehr verdünnter Schwefelsäure befeuchtet sind. Dieser feuchte Leiter ist so zwischen zwei Plattenpaare eingeschaltet, dass er einerseits mit dem Kupfer, andererseits mit dem Zink in Berührung kommt. Diese drei Körper sind also in der Reihenfolge: Kupfer, Zink, Leiter, Kupfer, Zink und so fort, mit einander verbunden, so dass, wenn die Säule mit Kupfer beginnt, sie mit Zink endigt, wobei ersteres den negativen, letzteres den positiven Pol bildet. Eine auf diese Weise construirte Säule liefert einen verhältnissmässig kräftigen Strom, dessen Stärke je nach dem zu überwindenden Leitungswiderstande mit der Vergrösserung ihres Querschnittes oder mit der Vermehrung der Plattenpaare zunimmt; allein sie bietet auch mannigfache Missstände. Da diese Säulen, besonders wenn sie einen starken Strom liefern sollen, eine grosse Menge Metall enthalten, so besitzen sie ein nicht unbeträchtliches Gewicht; dadurch werden nun besonders die unteren Theile der Säule, auf denen das ganze Gewicht der Säule ruht, stark gedrückt, durch den Druck wird ein Theil ihrer Flüssigkeit herausgepresst, der dann von den Seiten herunterrinnt und eine leitende Verbindung zwischen den einzelnen

Plattenpaaren unter sich herstellt, und die Folge davon ist, dass eine Summe von Kraft verloren geht; überdies wird durch eine rasche Oxydation der Metallfläche die Wirkung einer solchen Säule, die Anfangs sehr kräftig war, sehr bald geschwächt und in kurzer Zeit aufhören. Der Bemühung, dem ersterwähnten Uebelstande abzuhelfen, verdanken die Trog- und Becherapparate ihre Entstehung, wobei die Platten nicht wie in der Volta'schen Säule über einander, sondern neben einander zusammengefügt werden; eine zwischen den Plattenpaaren befindliche Schicht Flüssigkeit dient zur Vermittelung des elektromotorischen Processes. Aber auch diese Apparate haben, wie leicht ersichtlich, den Nachtheil, dass durch das rasche Zersetzen der Flüssigkeit und die dadurch entstehende Verunreinigung der Oberflächen, die Stärke ihrer Ströme rasch abnimmt und somit ihre Wirkung nur von kurzer Dauer ist.

Diese beiden Uebelstände werden beseitigt, wenn jeder der beiden Elektromotoren in einer eigenen Flüssigkeit, durch eine poröse Scheidewand getrennt, zur Anwendung gebracht wird. Da bei solchen Elementen die gegenseitige Berührung der Zersetzungsproducte nicht an den Metallflächen stattfindet, sondern an der porösen Scheidewand, so wird die bei den zuerstgenannten Apparaten unvermeidliche Polarisation der Platten, wodurch der Strom geschwächt wird, vermieden, und eine mehr constante, bei zweckmässiger Einrichtung mehrere Wochen und Monate fast sich gleichbleibende Wirkung erzielt. Becquerel war der Erste, der ein solches Element construirte. Dasselbe besteht aus einem hohlen Kupfercylinder, der lose von einer Thierblase umgeben ist, und der Raum zwischen beiden ist mit einer gesättigten Lösung aus Kupfervitriol erfüllt. Ausserhalb der Blase und einige Linien davon entfernt befindet sich der zweite Elektromotor, ein cylinderförmig gebogenes Zinkblech, welches in einer Lösung von Kochsalz oder in verdünnter Schwefelsäure steht. Das Ganze steht in einem Gefässe aus Glas oder Porzellan. An den beiden Metallen sind Kupferdrähte befestigt, welche, wenn sie mit einander in Berührung kommen, das Element schliessen und die Circulation eines elektrischen Stromes vermitteln. Der Vorgang hiebei ist folgender: Die das Zink umspülende Flüssigkeit, angesäuertes Wasser, wird durch den elektrochemischen Process in ihre Bestandtheile zerlegt, der

freigewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem Zinke zu Zinkoxyd, das von der Schwefelsäure in schwefelsaures Zinkoxyd umgewandelt wird, und in der Flüssigkeit gelöst bleibt; der nach dem — Pole strebende Wasserstoff begiebt sich zur Thierblase, und verbindet sich dort mit dem in der inneren Zelle freigewordenen Sauerstoff zu Wasser. Gleichzeitig findet eine Zersetzung der Kupferlösung statt, wobei sich metallisches Kupfer an der Kupferfläche niederschlägt, und der Sauerstoff des Oxyds, wie erwähnt, zur Wasserbildung verwendet wird.

Eine Modification von dem ebengenannten ist das Daniel'sche Element. Hier befindet sich das Kupfer mit seiner Flüssigkeit ausserhalb und das Zink in verdünnter Schwefelsäure innerhalb der porösen Scheidewand, und diese selbst besteht statt aus Thierblase aus einer porösen Thonzelle.

Die bisher genannten galvanischen Apparate werden durch Vereinigung von Zink und Kupfer zusammengesetzt.

Gleichwie aber diese beiden Metalle durch gegenseitige Berührung entgegengesetzt elektrisch werden, besitzen dieselbe Eigenschaft mehr oder weniger nicht nur alle übrigen Metalle, sondern auch alle einfachen Körper, und zwar in einem Grade, der von der Stellung abhängt, die sie in der elektrochemischen Spannungsreihe gegenseitig einnehmen. Je ferner sich dieselben in der Spannungsreihe stehen, oder, mit anderen Worten, je näher der eine dem elektronegativsten Körper, dem Sauerstoff, und der andere dem elektropositivsten, dem Kalium, zu stehen kommt, um so stärker treten die entgegengesetzten Elektricitäten bei der Berührung hervor, und einen um so stärkeren Strom können sie als Elektromotoren liefern.

Obwohl nun jedem dieser Körper die Eigenschaft zukommt, durch Berührung mit einem anderen elektrisch zu werden, so eignen sich doch nicht alle gleich gut zur Erzeugung von galvanischen Strömen, indem bei den einen die Form, bei den anderen die Seltenheit ihres Vorkommens hinderlich ist. Ausser den zwei genannten Metallen sind es noch folgende, die sich, zweckmässig mit einander verbunden, zu galvanischen Apparaten besonders eignen. Das von Grove angegebene Element besteht aus Platin und Zink; ersteres in concentrirter Salpetersäure in dem Inneren einer Thonzelle, während das Zink in der Form eines hohlen Cylinders jene umgiebt, und den Raum

zwischen beiden mit verdünnter Schwefelsäure ausgefüllt ist. Die ursprüngliche Form dieser Elemente waren Tröge, wobei das Zink innerhalb und das Platin ausserhalb, die beiden breiten Seitenflächen umgebend, angebracht war; der bedeutende Mehrverbrauch von dem ziemlich kostspieligen Platin aber gab zur Anwendung in der erst genannten Weise Veranlassung, so dass heutzutage fast ausschliesslich nur diese zur Anwendung kommt.

Bunsen wählte zu seinem Apparate an die Stelle des Platins die noch negativere Kohle, in Form von hohlen Cylindern, und diese Anordnung ist auch besonders empfehlenswerth, wofür schon ihre allgemein verbreitete Anwendung, besonders in der elektrischen Telegraphie etc., spricht, da sie mit geringem Kostenaufwande eine sehr kräftige Wirkung gestattet. Diese Apparate bestehen ebenso wie die Grove'schen aus zwei cylinderförmigen Gefässen, einem äusseren aus Glas, in dem zunächst der ausgehöhlte unten offene Kohlencylinder steht, in dessen Höhle ein poröser Thoncylinder mit dem Zink Aufnahme findet. Die Kohle ist von concentrirter Salpetersäure, das Zink von verdünnter Schwefelsäure umspült. Der obere Rand der Kohle ist mit einem Zinkringe umgeben, der, mit einer Klemmschraube versehen, zur Befestigung des einen Leitungsdrahtes dient, oder wenn mehrere solcher Elemente zu einer Batterie vereinigt werden sollen, durch einen bügelförmigen Fortsatz mit dem Zink des nächsten Elementes verbunden ist. Diese von Bunsen ursprünglich angegebene Construction wurde später dahin abgeändert und beziehungsweise vereinfacht, dass man, die porösen Eigenschaften der Kohle benutzend, den Thoncylinder wegliess und statt seiner einen ebenfalls hohlen, aber unten geschlossenen Kohlencylinder anwendete, der mit Sand oder Kohlenpulver angefüllt, mit Salpetersäure getränkt und an seinem oberen Rande mit einem Zink- oder Kupferringe, an dem zur Aufnahme des Leitungsdrahtes eine Klemmschraube angebracht, umgeben ist. Um die Kohle befindet sich das Zink und zwischen beiden verdünnte Schwefelsäure oder eine Kochsalzlösung. Diese modificirte Form des Bunsen'schen Elementes liefert einen sehr kräftigen Strom, aber ihre Wirkungsdauer ist weniger constant als die der ersten Art, doch ist dieser Nachtheil nicht so

beträchtlich, und sie sind daher zu therapeutischen Zwecken immerhin zu empfehlen, da sie neben der Leichtigkeit und Einfachheit des Zusammenstellens noch den besonderen Vortheil gewähren, dass sie fast völlig geruchlos sind, ein Umstand, der bei der Wahl eines galvanischen Apparates zur medicinischen Anwendung wohl zu berücksichtigen ist.

In der von Roberts construirten Zink-Eisenkette ist das Platin oder die Kohle durch Eisen ersetzt, welches durch Berührung von Salpetersäure passiv wird und dadurch die Eigenschaft eines sehr elektronegativen Körpers erhält *). Ein gusseisernes Gefäss wird mit einem Gemische aus 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und 3 Theilen ebenfalls concentrirter Salpetersäure gefüllt, und in diese Flüssigkeit wird dann eine poröse Thonzelle gestellt, in welcher sich ein Zinkcylinder in verdünnter Schwefelsäure befindet. Fünf solcher Elemente, von denen jedes 10 Zoll hoch und 3,9 Zoll breit ist, zu einer Säule verbunden, sollen in einer Minute in einem in den Schliessungsbogen eingeschalteten Voltameter 40 Cubikzoll Knallgas liefern. So kräftige Wirkungen auch mit dieser Construction zu erzielen sind, so hat sie doch den Nachtheil, dass sie, in Thätigkeit gesetzt, eine grosse Menge salpetriger Dämpfe entwickelt, die durch den Zusatz von Schwefelsäure noch vermehrt wird.

Weber und Wöhler construirten Eisen-Eisenketten, wobei das Zink der vorigen Kette ebenfalls durch Eisen ersetzt wird, indem sie fanden, dass sich Eisen in concentrirter Salpetersäure zu Eisen in verdünnter Schwefelsäure ähnlich verhält, wie Platin zum Zink, welch letztere Zusammenstellung — die Grove'sche Kette — bekanntlich sehr kräftige Wirkungen äussert. Dass diese Form, obwohl sehr kräftig, dieselben Nachtheile hat wie die vorige, ist aus der Construction ersichtlich.

Ausser den angeführten galvanischen Apparaten sind noch

*) Die Disposition zur Passivität des Eisens soll, nach Beetz, in der grossen elektrischen Spannung zwischen dem Eisen und seinem Oxyde liegen, da ein Metall um so grössere Passivitätserscheinungen zeigt, je grösser die elektromotorische Kraft zwischen ihm und seinem Oxyd ist. Poggend. Ann. Bd. 67, S. 210.

eine grosse Anzahl zu physikalischen, technischen oder medicinischen Zwecken construirt worden, deren Aufzählung und Beschreibung nicht in meiner Aufgabe liegen kann, da sie grösstentheils nichts Anderes sind als unwesentliche Modificationen der angegebenen Apparate. Weit wichtiger für unsere Zwecke ist die Beantwortung einer anderen Frage, nämlich: wie soll man den Apparat construiren, oder vielmehr, wie soll man die einzelnen Elemente combiniren, um bei einem bestimmten Schliessungsbogen die grösstmöglichste Wirkung zu erzielen? Diese Frage ist zum Theil schon im vorhergehenden Abschnitt, wo von den Gesetzen der Stromstärke gesprochen wurde, beantwortet, dieselbe ist jedoch in praktischer Beziehung von so grosser Wichtigkeit, indem häufig das Gelingen oder Misslingen eines Versuches von der mehr oder minderen Berücksichtigung dieser Verhältnisse abhängt, dass eine nochmalige Besprechung wohl gerechtfertigt erscheinen dürfte. Ich will daher das darauf Bezügliche in aller Kürze wiederholen und das theoretisch schon Entwickelte durch praktische Beispiele zu versinnlichen suchen.

Aus den vorerwähnten Gesetzen haben wir kennen gelernt, dass die Stromstärke einer Kette abhängt von der Grösse der elektromotorischen Kraft einerseits und dem Verhältnisse zwischen dem Widerstande der Kette und dem des Schliessungsbogens andererseits. Die elektromotorische Kraft oder, mit anderen Worten, die Quantität der erzeugten Elektricität wird vermehrt durch Vergrösserung der wirksamen Oberfläche eines Apparates; der Widerstand der Kette oder die Intensität des Stromes wird verstärkt durch Vervielfältigung der vorhandenen elektromotorischen Oberfläche; der Widerstand des Schliessungsbogens aber ist maassgebend, ob durch Vermehrung der ersteren oder durch Verstärkung der letzteren der grösstmöglichste Effect erzielt werden kann.

Ist der Widerstand der Kette kleiner als der des Schliessungsbogens, hätten wir z. B. ein Element von grosser Oberfläche durch einen sehr langen Draht geschlossen, so könnte die geringe Spannung, unter der beide Elektricitäten auf der elektromotorischen Oberfläche haften, keine vollständige Ausgleichung herbeiführen, und die Folge davon wäre, dass nur ein geringer Theil der erzeugten Elektricitätsmenge durch den

Schliessungsdraht sich bewegte, dass somit eine Summe von Kraft verloren ginge. Dasselbe tritt ein, wenn wir die Verhältnisse umkehren, und eine grosse elektromotorische Oberfläche vertheilt und zu einer Säule combinirt, mit einem verhältnissmässig kurzen Leitungsdrahte schliessen, wenn also der Widerstand der Kette grösser ist als der des Schliessungsbogens. Hier ist der zu grosse Widerstand der Kette die Ursache des Verlustes, denn wir haben gesehen, dass mit der Vergrösserung des Widerstandes der Kette die Quantität der Elektricität abnimmt. Es wird also in dem gegebenen Falle eine geringere Menge Elektricität erzeugt werden, als erforderlich wäre, um bei diesem Schliessungsdrahte und bei dem Gesammtinhalte der elektromotorischen Flächen ein Maximum des Effectes zu erzielen. Dadurch kommen wir zu dem Schlusse, dass, um mit einer bestimmten elektromotorischen Oberfläche ein Maximum von Stromstärke zu erhalten, dieselbe so zu vertheilen ist, dass der Widerstand der Kette dem Widerstande des Schliessungsbogens gleich kommt.

Es ist daher stets nothwendig, diese Verhältnisse zu kennen und zu berücksichtigen, um in jedem Falle mit dem vorhandenen elektromotorischen Materiale die grösstmöglichste Wirkung zu erreichen. Da es aber in der Praxis nicht wohl ausführbar ist, für jeden einzelnen Fall einen besonderen Apparat zu construiren, dessen Widerstand dem des betreffenden Schliessungsbogens entspricht, so müssen wir eine Ausgleichung dieser Verhältnisse durch eine entsprechende Combination der einzelnen zur Disposition stehenden Elemente zu erhalten suchen.

Eine gegebene Anzahl von Elementen lässt sich auf mannigfache Weise combiniren. Angenommen, wir haben sechs Elemente, so können wir dieselben verbinden

1) zu einer Säule von 6 einzelnen Elementen,
2) „ „ „ „ 3 doppelten Elementen,
3) „ „ „ „ 2 dreifachen Elementen,
4) „ „ „ „ 1 sechsfachen Elemente.

In dem ersten Falle sind die Elemente so mit einander verbunden, dass der negative Elektromotor des einen mit dem positiven des anderen durch einen Leitungsdraht communicirt. Angenommen der reducirte Leitungswiderstand eines einzelnen

Elementes sei 10, d. h. der Widerstand eines Elementes entspreche dem eines Kupferdrahtes von 10 Meter Länge und 1 Millimeter Dicke, so wird der Gesammtwiderstand der ersten Combination gleich 60 sein. In dem zweiten Falle sind immer zwei Elemente zu einem verbunden, in der Art, dass ihre gleichnamigen Elektromotoren sich berühren, wir erhalten dann drei Doppelelemente, die wie in dem ersten Falle die einzelnen Elemente mit einander verbunden werden. Wenn wir nun den Widerstand dieser Combination mit dem der ersten vergleichen wollen, so müssen wir zunächst den physikalischen Vorgang, wie er bei beiden Verbindungen statthat, ins Auge fassen. Wir haben in dem ersten Falle sechs einzelne Elemente, in dem zweiten aber nur drei; die Säule ist also um die Hälfte kürzer geworden. Wären die Elemente der letzten Combination ebenso gross, wie die der ersten, so müsste ihr Gesammtwiderstand, da bei gleicher Grösse ihre Anzahl nur die Hälfte ist, auch nur halb so gross sein, nämlich = 30. Die Säule ist aber nicht nur um die Hälfte kürzer, sie ist auch um das Doppelte dicker geworden, d. h. die elektromotorische Oberfläche eines jeden Elementes ist doppelt so gross als zuvor, da ja zwei Elemente zu einem vereinigt wurden. Wie wir aber wissen, ist der Widerstand gleichartiger Körper ihrer Länge direct und ihrem Querschnitt umgekehrt proportional; der Widerstand sinkt also nochmal um die Hälfte und ist demnach für die zweite Combination 2^2mal kleiner als 60 = 15.

Betrachten wir nun die dritte Combination, die aus zwei dreifachen Elementen besteht. Hier sind je drei Elemente so unter sich verbunden, dass alle negativen und alle positiven Elektromotoren sich berühren und ein Element darstellen. Die beiden auf diese Weise erhaltenen Elemente, von denen jedes 3mal so gross ist als ein einzelnes, werden mit einander, wie in dem ersten Falle, zu einer Säule verbunden. Der Widerstand dieser Combination, die eine 3mal kürzere und 3mal dickere Säule darstellt, als in dem ersten Falle, muss daher auch 3^2mal kleiner sein als 60, nämlich = 6,66.

In der vierten Combination endlich sind alle negativen Elektromotoren, sowie auch alle positiven der sechs einzelnen Elemente mit einander verbunden, und stellen ein aus sechs Elementen zusammengesetztes Element dar, dessen Widerstand

also folglich 6^2mal kleiner sein muss, als der Gesammtwiderstand der sechs einzelnen Elemente, und 6mal kleiner als der Widerstand eines Elementes, also = 1,66.

Diese Manipulation zur Bestimmung einer richtigen Combination einer gegebenen Anzahl von Elementen, die zur Anwendung gebracht werden sollen, ist einfacher, als sie Jemandem auf den ersten Blick scheinen dürfte, dem physikalische Gesetze und Formeln weniger geläufig sind, als dem Physiker von Fach. Nachdem man ein- für allemal den Widerstand eines Elementes der Batterie bestimmt hat, vorausgesetzt, dass die einzelnen Elemente derselben von gleicher Art und gleicher Grösse sind, wobei geringe Differenzen durch kleine Verschiedenheiten der Concentrationsgrade der Flüssigkeiten nicht in Betracht kommen, so hat man nur den Leitungswiderstand des Schliessungsbogens zu erforschen, d. h. ihn auf den des angegebenen Normaldrahtes zu reduciren, und eine Vergleichung beider Widerstände wird die zu wählende Combination zeigen, wenn man den Satz im Auge behält, dass der Gesammtwiderstand einer Batterie dem des Schliessungsbogens gleich sein, oder möglichst nahe kommen muss, um den grösstmöglichsten Effect damit zu erzielen.

Gesetzt, wir wollten vermittelst der genannten sechs Elemente einen Elektromagneten erzeugen, dessen Spirale aus einem 60 Meter langen und 3 Millimeter dicken Kupferdraht besteht; wie werden die Elemente am zweckmässigsten combinirt werden müssen, um einen möglichst starken Magneten zu erhalten? Der Widerstand eines Elementes ist bekannt, d. h. er wurde angenommen gleich 10, nämlich dem eines 1 Millimeter dicken Kupferdrahtes (Normaldrahtes) von 10 Meter Länge; es bleibt daher nur die Grösse des Widerstandes des Schliessungsbogens zu ermitteln oder zu bestimmen, welcher Länge Normaldraht die Drahtspirale des Elektromagneten in Anbetracht ihres Leitungswiderstandes entspricht.

Wenn wir den Querschnitt eines Drahtes von 1 Millimeter mit dem eines Drahtes von 3 Millimeter Querdurchmesser vergleichen, so finden wir, dass sich die beiden Querschnitte verhalten wie 1 : 9, dass also der letztere 9mal so dick ist, als der erstere. Um daher einem 1 Millimeter dicken Draht dasselbe Leitungsvermögen zu geben, wie einem 3 Milli-

meter dicken, müssen wir ihn 9mal kürzer machen als diesen. Wir brauchen also nur mit der Zahl 9 in die Länge der Drahtspirale, nämlich in 60 zu dividiren, und der erhaltene Quotient giebt uns den gesuchten Widerstand der Drahtspirale, der = 6,66 ist. Demnach wäre also die dritte Combination, deren Widerstand gerade ebenso gross ist, diejenige, die unter den gegebenen Verhältnissen das Eisen am stärksten zu magnetisiren im Stande ist. Die zweite Combination, deren Widerstand grösser, beinahe 3mal so gross ist als der jener, würde einen Verlust an Wirkung zur Folge haben, da sie durch den vergrösserten Widerstand eine geringere Menge Elektricität in Bewegung setzt, als bei gegebenen Schliessungsbogen zur Erreichung des Maximums von Effect erforderlich ist, während die vierte Combination einen zu geringen Widerstand, zu wenig Spannkraft besitzt, als der vorhandene Schliessungsbogen erheischt, was gleichfalls ein Minus von Wirkung veranlasste.

Aus der Möglichkeit, eine Anzahl einzelner Elemente in verschiedener Reihe mit einander zu verbinden, wodurch, wie ich eben nachgewiesen, Verschiedenheiten in der Wirkung entstehen, erhellt ausser den schon erwähnten, noch ein neuer Vortheil der constanten Elemente, gegenüber der Volta'schen Säule. Nur bei jenen ist es möglich, den Widerstand des Elektricitätserregers dem des Schliessungsbogens genau anzupassen, und somit mit einer gegebenen Menge elektromotorischer Körper, ohne Verlust auf der einen oder anderen Seite, ein Maximum von Effect zu erreichen, was bei der Volta'schen Säule aus dem Grunde nicht zulässig ist, indem wir durch Vermehrung der Plattenpaare zwar die Spannkraft des Stromes erhöhen, nicht aber seine Quantität in demselben Verhältniss vergrössern können. Wir müssten, um denselben Effect damit zu erreichen, für jeden Schliessungsbogen eine besondere Säule, also Säulen von den verschiedensten Querdurchmessern construiren, was selbstverständlich in der Praxis nicht wohl ausführbar ist.

Ich glaube hier füglich einige Bemerkungen über die Richtung galvanischer Ströme im Allgemeinen, und die der constanten Batterien insbesondere, anreihen zu müssen, da häufig durch Nichtberücksichtigen dieser Verhältnisse unklare Vorstellungen und Missverständnisse über positive und negative Ströme

entstehen — Irrthümer, denen man nicht selten in Abhandlungen über medicinische Elektricität begegnet, und die in der Unkenntniss der Erscheinung ihren Grund haben, dass ein und derselbe Elektromotor, je nach der Verbindung mit seinem Gegner, bald zum positiven, bald zum negativen Pole werden kann. Das Wie werden wir sogleich sehen. Werden die beiden Endglieder einer einfachen Kette oder die beiden Pole einer Säule durch einen Leiter mit einander verbunden, so findet ein Ausgleichen oder Ueberströmen der an den Polen angehäuften Elektricität statt, ebenso, wie es bei einer leitenden Verbindung des Conductors mit dem Reibzeuge einer Elektrisirmaschine der Fall ist.

Es werden also durch das Schliessen der Kette zwei Ströme in Bewegung gesetzt, der von dem positiven Elektromotor kommende, der positive, und der in entgegengesetzter Richtung verlaufende negative Strom. Der Einfachheit wegen und zur Vermeidung von Missverständnissen berücksichtigt man jedoch nur einen Strom, nämlich den positiven, der, von der jedesmaligen positiven Elektrode ausgehend, nach der entgegengesetzten Seite strömt, also bei der Volta'schen Säule vom Zink zum Kupfer, bei den constanten Batterien vom Kupfer, dem Platin, Eisen, der Kohle etc. zum Zink.

Jedes Element besteht, wie wir gesehen haben, aus drei Körpern, aus zwei Körpern der Spannungsreihe — den Elektromotoren — und einem unwirksamen Körper, der nicht der Spannungsreihe angehört, einem feuchten Leiter. Werden nun diese drei Körper so mit einander verbunden, wie in der Volta'schen Säule, dass zwischen zwei Plattenpaaren immer ein feuchter Leiter zu liegen kommt, also in der Reihenfolge Kupfer, Zink, Leiter, K. Z. L. K. Z. etc., so wird durch die elektromotorische Kraft die + Elektricität vom Kupfer zum Zink getrieben, wodurch dieses + und jenes — elektrisch wird. Die feuchten Leiter vermitteln das Ueberströmen der Elektricität von einem Plattenpaare zum anderen, wo wieder eine neue Summe Elektricität dazu kommt. Derselbe Vorgang wiederholt sich in der ganzen Säule, wobei die negative Elektricität des Kupfers nach dem einen, die positive Elektricität des Zinks nach dem anderen Ende derselben sich bewegt. Werden

nun die beiden Pole durch einen Leitungsdraht geschlossen, so entsteht ein Strom in der Richtung vom Zink zum Kupfer.

Anders verhält es sich, wenn die einzelnen Elemente getrennt, in besonderen Gefässen befindlich sind, wobei der feuchte Leiter, nicht wie vorher zwischen den Plattenpaaren, sondern zwischen den Elektromotoren selbst angebracht ist — die drei Körper sind also in der Reihenfolge Kupfer, Leiter, Zink — K. L. Z. — etc. mit einander verbunden. Hier geht der Strom bei geschlossener Kette und in derselben vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer, von da zum Zink der nächsten Elemente durch dessen Flüssigkeit zum Kupfer u. s. w., so dass vom Kupfer des letzten Elementes der Strom durch den Schliessungsdraht zum Zink des ersten Elementes zurückgeht. So wird denn bei dieser Anordnung das Kupfer, das zuvor — Pol war, zum positiven Pole, während das zuvor + Zink nun — wird.

Ebenso wie die Elemente aus Kupfer und Zink verhalten sich auch alle übrigen constanten Elemente, wobei jedesmal der negative Körper der Spannungsreihe den positiven Pol bildet, wie die Kohle, das Platin, Eisen etc.

Literatur. — Galvani, Dell' usu e dell' attivita dell' arco conduttore nelle contrazione de' muscoli. Bologna 1794. — Reinhold, J. C., De Galvanismo. Lipsiae 1797. — Sue, Pet., Geschichte des Galvanismus und aller bis jetzt darüber gemachten Beobachtungen, aus dem Französischen v. Clarus. Leipzig 1802. — Volta, Alex., Schriften über Elektricität und Galvanismus, herausgegeben von Nasse. Halle 1803. — Geiger, C. F., Abhandlung über den Galvanismus, mit Anmerkungen von Martens. Leipzig 1803. — Cavallo, Darstellung der Lehre von der Elektricität, dem Galvanismus und Magnetismus. Erfurt 1806. — Trommsdorf, J. B., Geschichte des Galvanismus. Gotha 1809. — Weber, Der Galvanismus; eine Zeitschrift. 1. Heft. Landshut 1802. — Configliachi, L'identita dell' fluido elettrico col cost detto fluido galvanico. Pavia 1814. — Gavarret, Lois générales de l'électricité dynamique. Paris 1843. — Lenz u. Ptschelnikoff, Ueber den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen galvanische Ströme. Poggend. Annal. Bd. 56, S. 429. — Seiffer, O., Geschichtliche Darstellung des Galvanismus. Stuttgart 1848. — Pfaff, Parallele der chemischen Theorie und der Volta'schen Contacttheorie. Kiel 1845. — Fechner, Maassbestimmungen über galvanische Ketten. Leipzig 1831. — Casselmann, Ueber die galvanische Kohlenzinkkette. Marburg 1844. — Holzmann, Die mechanische Arbeit, welche zur Erhaltung eines elektrischen Stromes erforderlich ist. Poggend. Annal. Bd. 91, S. 260. — Derselbe, Ueber die Polarisation des elektrischen Stromes. l. eodem Bd. 92, S. 577. — Koosen, Ueber die Gesetze der Entwickelung von Wärme und

mechanischer Kraft durch den Schliessungsdraht der galvanischen Kette. l. eodem Bd. 91, S. 427 u. 525. — Beetz, Ueber die Leitungsfähigkeit für Elektricität, welche Isolatoren durch Temperaturerhöhung annehmen. l. eodem Bd. 92, S. 452. — Frankenheim, Ueber die in der galvanischen Kette an der Grenze zweier Leiter entwickelte Wärme oder Kälte. l. eodem Bd. 91, S. 101. — Riess, Ueber die Wirkung nicht leitender Körper bei der elektrischen Influenz. l. eodem Bd. 92, S. 337. — Gaugain, Sur quelques unes des causes, qui peuvent faire varier la force électromotrice. Compt. rend. T. 38, p. 628. — Immin, Note sur la décomposition de l'eau par la pile. l. eodem T. 38, p. 390 u. 443. — Leblanc, Sur la décomposition électrochimique de l'eau. l. eodem p. 444. — d'Almeida, Décomposition par la pile des sels disant dans l'eau. l. eodem p. 682. — Ossann, Beschreibung einer Volta'schen Säule. Verhandl. der phys. med. Ges. in Würzburg 1852. 14 — 22. — Derselbe, Beiträge zur mathemat. Begründung der Erscheinungen der Volta'schen Säule. l. eodem III. 1. — Derselbe, Erfahrungen in dem Gebiete des Galvanismus. Erlangen 1853. — Buff, H., Zur Berührungselektricität. Annal. der Chem. u. Pharm. 1852. (83.) 2. — Weber, W., Abhandlung über elektrodynamische Maassbestimmung. Leipzig 1852. — Bird, G., Bemerkungen über die hydroelektrischen Pulvermacher'schen Ketten. The Lancet 1851. Octbr. — Regnault, T., Méthode pour la détermination des forces électromotrices. Compt. rend. T. 38, p. 38. — Faraday, Ueber elektrische Vertheilung, Fälle von gleichzeitigen Strömungs- und Spannungserscheinungen. Pogg. Annal. Bd. 92, S. 152, u. Bd. 96, S. 488. — Müller, Joh., Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. Bd. I, S. 225 bis 472. Siehe ausserdem Abhandlungen über Galvanismus in allen Lehr- und Handbüchern der Physik.

B. Inductions-Elektricität.

1) Volta-elektrische Ströme.

Faraday entdeckte im Jahre 1831, dass ein elektrischer Strom im Momente seines Entstehens und Verschwindens in einem benachbarten Leiter gleichfalls einen elektrischen Strom erzeugt, der von den genannten Momenten abhängig, und daher nur von momentaner Dauer ist. Er nennt diese Ströme ihrer Entstehungsweise wegen Inductions-Ströme. Wickelt man einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht auf einen Holzcylinder, und über oder neben diesen einen zweiten, gleichfalls übersponnenen Draht, so wird, wenn man die Enden des ersten Drahtes mit einem galvanischen Elemente verbindet, im Momente des Schliessens auch in dem zweiten Drahte ein elektrischer Strom entstehen, der eben mit dem Schlusse des metallischen Kreises wieder verschwindet, und erst bei dem Oeffnen der Kette wieder zum Vorschein kommt. Dasselbe Resultat erhält man auch, wie Faraday nachweist, wenn man einen, von einem elektrischen Strome durchflossenen Leitungsdraht einem zweiten Drahte nähert und wieder entfernt. Hier wird also gleichfalls in dem zweiten Drahte ein Strom inducirt, da das Annähern und Entfernen dem Entstehen und Verschwinden eines Stromes gleichkommt.

Solche inducirte Ströme sind auch durch das Galvanometer nachweisbar. Wenn man die Enden des zweiten Drahtes, in welchem ein Strom inducirt werden soll, mit einem Galvanometer verbindet, so wird im Momente des Kettenschlusses eine geringe Ablenkung der Magnetnadel erfolgen. Die Nadel kehrt

aber sofort wieder in ihre Ruhelage zurück, bis sie durch das Oeffnen der Kette oder das Verschwinden des Hauptstromes neuerdings, aber nach der entgegengesetzten Seite, abgelenkt wird. Das Galvanometer zeigt also nicht nur die Existenz dieser Ströme an, sondern giebt uns auch Aufschluss über die Verschiedenheit der Richtung derselben mit der des Hauptstromes. Vergleichen wir nun diese beiden mit einander, so finden wir, dass der bei dem Schliessen der Kette inducirte Strom dem Hauptstrome entgegen verläuft, während der beim Oeffnen entstehende Strom mit diesem in gleicher Richtung verläuft.

Wir haben also an der beschriebenen Inductionsspirale zwei Ströme kennen gelernt, nämlich den durch die Verbindung des galvanischen Elementes mit dem ersten Drahte in diesem erzeugten Strom, den primären, den man seines Einflusses auf die zweite Spirale wegen auch den inducirenden nennt, und den in der zweiten Spirale hervorgerufenen, den inducirten oder secundären Strom. Bevor wir jedoch von diesem weiter sprechen, muss noch eines eigenthümlichen Inductionsvorganges in der ersten Spirale Erwähnung geschehen, und dieser Vorgang näher beleuchtet werden, der uns selbst wieder über die Entstehungsweise des secundären Stromes wesentliche Aufschlüsse ertheilt.

Ausser diesen beiden Strömen beobachtet man noch einen dritten, der in dem ersten Drahte verläuft, und dadurch entsteht, dass die dicht neben einander befindlichen Windungen desselben gegenseitig eine inducirende Wirkung auf einander ausüben, und so die Entstehung eines neuen inducirten Stromes auch in der ersten Spirale veranlassen. Faraday, der Entdecker dieses Stromes, nennt denselben Extrastrom, Extracurrent. Ein solcher Extrastrom bildet sich ganz analog der Entstehung des secundären Inductionsstromes beim Schliessen und beim Oeffnen der Kette. Gleichwie beim Entstehen und Verschwinden eines elektrischen Stromes in einem benachbarten Drahte ein Strom inducirt wird, so bildet sich in der den primären Strom leitenden Spirale selbst ein solcher Inductionsstrom, indem, wie erwähnt, die Windungen dieser Spirale die Vermittler der Induction sind, vorausgesetzt, dass diese Windungen so nahe beisammen liegen, um gegenseitig auf einander inducirend einwirken zu können.

Die Richtung dieser Ströme anlangend, fand Faraday, dass hier dieselben Verhältnisse obwalten, wie bei dem secundären Strome, so dass auch hier der bei dem Schliessen der Kette entstehende Extrastrom mit dem primären in entgegengesetzter Richtung verläuft, während der beim Oeffnen der Kette freiwerdende Extrastrom in seiner Richtung mit der des primären zusammenfällt.

Diese Verschiedenheit in der Richtung beider Ströme benutzt Faraday zur Erklärung der Erscheinung, dass der beim Schliessen der Kette erzeugte Extrastrom keine positive Wirkung bemerkbar mache, da die beiden sich entgegenlaufenden Ströme sich in ihrer Wirkung paralysiren, während der Oeffnungsstrom, der zwei gleichgerichtete Ströme repräsentirt, den primären und den inducirten Extrastrom, eine beträchtliche Wirkung ausübe, einen Schlag ertheile, Funken erzeuge, und überhaupt alle Eigenschaften eines inducirten Stromes besitze.

Ich glaube den Grund der Thatsache, dass wir keine Schliessungs-, sondern nur eine Oeffnungswirkung wahrnehmen können, viel näher liegend und in dem Principe der Induction selbst erklärt zu finden.

Betrachten wir zu diesem Behufe eine einfache Drahtspirale, die mit einem galvanischen Elemente verbunden eine geschlossene Kette darstellt. Es circulirt nun in derselben ein Strom, der von dem + Pole des Elementes ausgehend durch die Drahtspirale nach dem — Pole desselben verläuft. Wird nun die Kette zwischen der Spirale und dem Elemente unterbrochen, so verschwindet dieser Strom und inducirt dadurch, wie wir gesehen haben, in den Windungen der Spirale einen Extrastrom, dessen Wirkung wir an einem in der Unterbrechungsstelle eingeschalteten Körper beobachten können, den der gleichfalls wieder verschwindende Extrastrom durchströmt. Um nun neuerdings wieder einen Extrastrom hervorzurufen, müssen wir die Kette wieder schliessen, da weder bei offener noch bei geschlossener Kette, sondern nur im Momente des Oeffnens und Schliessens inducirte Ströme sich bilden können. Dieser beim Schliessen der Kette erzeugte Strom verläuft aber nun durch die Kette selbst, in der er einen geschlossenen metallischen Kreis findet, er wird den gleichsam als Nebenschliessung angebrachten Körper vollkommen unberücksichtigt lassen,

folglich auch keinerlei Wirkung auf ihn ausüben können. Also die grosse Verschiedenheit des Leitungswiderstandes beider Materien, nämlich der Spirale und des als Wirkungsobject angefügten Körpers, ist es, die das Zustandekommen einer Wirkung beim Schliessen der Kette nicht zulässt.

Aus demselben Grunde beobachten wir bei dem Schliessungs-Extrastrome auch keinen Funken, wie bei dem Oeffnungsstrome, da ja der Extrastrom sich erst bildet, wenn der metallische Contact zwischen Kette und Spirale bereits hergestellt ist, und Funken bekanntlich nur dann entstehen, wenn ein elektrischer Strom aus einem guten in einen schlechten Leiter übertritt, wenn er z. B. auf eine kurze Distanz die atmosphärische Luft, ölige, alkoholige Flüssigkeiten etc. zu durchlaufen hat. Hier ist aber keine solche Stelle vorhanden, da der Inductionsstrom auf seinem ganzen Verlaufe sich in der geschlossenen Kette bewegt.

Ganz anders verhält es sich natürlich mit dem Oeffnungsstrome, der sich in einem Momente bildet, indem die metallische Berührung sämmtlicher Theile der Kette an einem Punkte schon unterbrochen ist, denn nur durch das Unterbrechen verschwindet der primäre Strom und nur durch das Verschwinden dieses wird der neue Strom inducirt. Derselbe strebt aber wie jeder elektrische Strom nach Ausgleichung, die dann unter der begleitenden Erscheinung eines Funkens stattfindet, oder wenn an der Unterbrechungsstelle irgend ein Körper eingeschaltet war, indem er denselben durchströmt und auf ihn eine seiner Natur entsprechende Wirkung ausübt.

Wie erwähnt, verdanken wir die Kenntniss dieser Extraströme den Untersuchungen Faraday's, welche die Existenz des beim Oeffnen der Kette sich bildenden Extrastromes auf das Evidenteste nachwiesen. Anders verhält es sich mit dem Nachweise des Schliessungs-Extrastromes oder Gegenstromes, wie Faraday ihn nennt, der sich aus dem soeben angeführten Grunde den Augen des Beobachters leichter entzieht, und dessen wirkliches Vorhandensein durch Faraday auch noch nicht ausser Zweifel gesetzt war. Erst Dove (Pogg. Annal. Bd. 56. S. 251) und nach ihm Edlund (l. eod. Bd. 77. S. 161) haben durch sorgfältig angestellte Untersuchungen Faraday's Resultate bestätigt gefunden, indem sie das wirkliche

Dasein dieses Gegenstromes auf experimentellem Wege nachwiesen.

Diese beiden Physiker gelangten zu dem Schlusse, dass der beim Schliessen einer Spirale und in dieser sich bildende Extrastrom ebenso gross ist, als der beim Oeffnen entstehende, wenn die inducirende Kraft in beiden Momenten dieselbe ist.

So interessant diese von Dove und Edlund gelieferten Nachweise, vom Standpunkte der Wissenschaft aus betrachtet, auch sind, so sind sie doch in praktischer Beziehung und namentlich für uns nur von untergeordneter Bedeutung, da, wie wir gesehen haben, von den beiden Extraströmen nur der Oeffnungsstrom eine praktische Verwendung zulässt. Ich führe diese Verhältnisse deshalb hier an, einestheils, um einer allenfalls sich bildenden irrigen Meinung zu begegnen, als bilde sich überhaupt nur ein Extrastrom, nämlich beim Oeffnen der Kette, anderntheils aber auch der Vollständigkeit wegen, da, wie wir später sehen werden, der secundäre oder eigentliche inducirte Strom von dem primären und dem Extrastrome abhängig ist, weshalb denn zur Verständniss jenes Stromes eine genaue Kenntniss des Inductionsvorganges in der ersten Spirale nothwendig ist.

Bevor wir zu dem sogenannten secundären Strome übergehen, ist es nöthig, noch die Einwirkung einiger Körper auf Inductionsströme kennen zu lernen, wenn dieselben in ihre Nähe gebracht werden — ein eEinwirkung, die je nach der Natur der Körper sowohl eine verstärkende als auch eine schwächende sein kann.

Eine beträchtliche Verstärkung des Extrastromes wird erzielt, wenn man in die Höhle der Spirale metallisches Eisen einlegt, welches unter dem Einflusse des galvanischen Stromes magnetisch wird, und dadurch aufs Neue elektrische Ströme in der Spirale inducirt, ganz analog der Induction elektrischer Ströme durch Magnete, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Das in der Spirale befindliche Eisen wird im Momente des Kettenschlusses und während der Dauer desselben von einem galvanischen Strome umkreist und dadurch nach dem Gesetze des Elektromagnetismus zu einem temporären Magnete. Das plötzliche Entstehen des Magnetismus inducirt nun in der

Spirale einen elektrischen Strom, da nach der Entdeckung Faraday's das Annähern und Entfernen eines Magneten*) auf einen in der Nähe befindlichen Leiter ebenso wirkt, wie das Entstehen und Verschwinden eines elektrischen Stromes, nämlich einen Strom in dem benachbarten Leiter inducirt.

Es werden also im Momente des Kettenschlusses in der Spirale neben dem ursprünglichen galvanischen Strome noch zwei weitere Ströme erzeugt, die in derselben circuliren — einmal, wie soeben gezeigt wurde, der durch das Entstehen des elektrischen Stromes in den Windungen der Spirale inducirte Extrastrom, und der gleichzeitig durch den Magnetismus erzeugte Strom. Dieser letztere fällt in seiner Richtung mit jenem zusammen und läuft dem primären entgegen, kann gleich diesen beiden und aus demselben Grunde nicht durch das Gefühl wahrgenommen werden.

Wird nun die Kette wieder geöffnet, so verschwindet der primäre Strom und erzeugt dadurch, wie wir gesehen haben, neuerdings wieder einen Extrastrom in der Spirale. In demselben Momente verliert aber auch das Eisen seinen Magnetismus, der verschwindende Magnetismus wirkt aber, wie erwähnt, gleich dem Verschwinden eines elektrischen Stromes — folglich müssen, da beide Momente gleichzeitig thätig sind, in der Spirale abermals zwei Ströme erzeugt werden, welche unter sich gleich gerichtet sind, aber in entgegengesetzter Richtung mit den beiden vorigen verlaufen.

Es ist daher leicht einzusehen, aus welchem Grunde das in der Spirale befindliche Eisen den Extrastrom verstärkt, der also gewissermaassen als das Resultat einer doppelten Induction, einer volta-elektrischen und einer magneto-elektrischen, zu betrachten ist. Welchen von beiden ein grösserer Einfluss zuzuschreiben ist, ob dem verschwindenden primären Strome oder dem verschwindenden Magnetismus, hängt von der Form und Länge der Drahtspirale ab, und ganz besonders noch von der Art und Weise der Vertheilung der Eisenmasse in der Spirale.

Bachhoffner und Sturgeon (Annals of Electricity. Vol. I,

---

*) Dass ein Annähern und Entfernen des Magneten dem Entstehen und Verschwinden des Magnetismus im weichen Eisen in seiner inducirenden Wirkung gleich kommt, bedarf wohl keiner weiteren Erwähnung.

p. 481) machten zuerst die Beobachtung, dass der Oeffnungsschlag einer Inductionsspirale weit stärker ist, wenn statt eines massiven Eisencylinders ein Bündel von Eisendrähten in das Centrum der Spirale eingeschoben wird.

Man glaubte lange Zeit die Ursache dieser Erscheinung darin suchen zu müssen, dass die Masse des Eisendrahtes eine weichere, und dass deshalb das Drahtbündel eines stärkeren Magnetismus fähig sei, als ein massiver Eisencylinder. Magnus, der diesen Gegenstand einer besonderen Würdigung und sorgfältigen Untersuchung unterzog (Poggend. Annal. Bd. 48, S. 95), beseitigte diese irrige Ansicht, indem er vermittelst der Boussole nachwies, dass das Drahtbündel durch den Strom nicht stärker magnetisirt werde, als das massive Eisen. Er fand ferner, dass auch ein Bündel Stahldrähte eine stärkere physiologische Wirkung veranlasse, als ein massiver Stahlcylinder, und dass die Wirkung noch erhöht werde, wenn die einzelnen Drähte durch Ueberziehen mit Firniss oder auf irgend eine andere Weise isolirt worden waren. Dies veranlasste ihn zu der Schlussfolgerung, dass lediglich die grössere Vertheilung des Eisens im Drahtbündel gegenüber dem massiven Cylinder die Ursache der Verstärkung der Wirkung sei. Magnus erklärt den hiebei stattfindenden Vorgang, der auch mit der Erklärung Dove's im Allgemeinen übereinstimmt, in folgender Weise. Der das Eisen umkreisende Strom erzeugt im Momente seines Entstehens in dem Eisen gleichfalls einen elektrischen Strom, während seiner Dauer magnetische Polarität, bei seinem Aufhören wiederum einen dem verschwindenden primären gleich gerichteten Strom im Eisen. Dieser Strom wirkt aber dem Verschwinden des Magnetismus entgegen und schwächt dadurch die zu erwartende verstärkende Wirkung des Eisens. Alles, was daher die Bildung dieser Ströme im Eisen hindert, wird folglich auch die Wirkung des verschwindenden Magnetismus, und somit auch die Wirkung des Extrastromes erhöhen müssen. Nun können sich aber im Drahtbündel, wenn keine metallische Berührung der einzelnen Drähte unter sich stattfindet, diese Ströme weniger leicht bilden, als in dem massiven Eisencylinder, der Magnetismus wird leichter, rascher verschwinden, es wird daher in einem, durch einen Drahtbündel inducirten Strome eine bestimmte Elektricitätsmenge in kürze-

rer Zeit durch die Spirale sich bewegen, als wenn dieselbe durch einen massiven Eisenkern inducirt worden wäre. Das ist der Grund, warum das Eisendrahtbündel eine stärkere inductive Wirkung besitzt, als die compacte Eisenmasse.

Aehnlich den Eisendrahtbündeln wirken auch aufgeschlitzte eiserne Röhren, ein spiralförmig gewundenes Eisenblech, dessen Windungen möglichst von einander isolirt werden, welche ebenfalls den Oeffnungsschlag mehr verstärken, als massive Cylinder.

Geschwächt wird der Extrastrom, wenn das in der Spirale befindliche Drahtbündel von einer Hülse aus nicht magnetischem Metalle umgeben wird, da in diesem Falle der verschwindende Magnetismus des Eisens nicht auf die Spirale, sondern auf die, einen geschlossenen Leiter darstellende Metallhülse seine inducirende Wirkung ausüben wird, weshalb die Wirkung des Drahtbündels annullirt und nur der weit schwächere Extrastrom, der durch das Verschwinden des primären Stromes in den Windungen der Spirale inducirt wird, zum Vorschein kommt. Es wird daher der Oeffnungsstrom einer Spirale, deren Drahtbündel von einer Hülse aus Kupfer oder Messing umgeben ist, ebenso wirken, als wenn gar kein Drahtbündel vorhanden, das Innere der Spirale leer wäre.

Noch mehr wird der Strom geschwächt, wenn statt des Eisens Stäbe eines nicht magnetischen Metalles in das Centrum der Spirale eingeschoben werden, und zwar um so mehr, je besser leitend das Metall ist. Hier werden ebenfalls beim Verschwinden des primären Stromes in den eingelegten Metallstäben Ströme inducirt, wie wir es soeben beim Eisen gesehen haben, nur mit dem Unterschiede, dass der Magnetismus des Eisens selbst wieder eine Quelle der Induction abgiebt und verstärkend auf den Extrastrom wirkt, was selbstverständlich bei den übrigen nicht magnetischen Metallen nicht der Fall sein kann.

Betrachten wir eine vollkommen leere Spirale, so wird beim Oeffnen der Kette die ganze Summe der inducirenden Wirkung des verschwindenden primären Stromes zur Erzeugung des Extrastromes verwendet, was nicht der Fall ist, wenn sich im Centrum der Spirale ein gut leitender Körper befindet, der selbst einen Theil der inducirenden Wirkung in Anspruch

nimmt, den er dem Extrastrome entzieht, und folglich eine Schwächung desselben zur Folge haben muss. Dieses Verhalten von nicht magnetischen Metallstäben im Inneren einer Spirale wurde von Dove*) zuerst an Spiralen beobachtet, deren Ströme durch Entladung einer elektrischen Batterie inducirt worden waren. Es verhalten sich jedoch in diesem Falle die galvano-elektrischen Inductionsströme ebenso.

Zu demselben Resultate gelangte auch Henry (dessen Untersuchungen über elektrodynamische Induction im 6. Bande der „Transactions of the American Philosophical Society", wovon ein Auszug in Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband von 1842, S. 282), der mit Bandspiralen experimentirte, die aus schmalen Kupferblechstreifen construirt waren, so dass sie eine dünne Scheibe darstellten, deren Querdurchmesser natürlich von der Länge der Kupferstreifen abhing. Er verband eine solche Spirale mit einem galvanischen Elemente und brachte in kurzer Entfernung eine zweite derartige Spirale an. Wurde nun der Strom in der unteren Spirale unterbrochen, so wurde in der oberen ein Strom inducirt, welcher, wenn dieselbe durch den menschlichen Körper geschlossen worden war, durch einen Schlag sich kund gab. Wurde über der zweiten Spirale noch eine dritte angebracht, und jene metallisch geschlossen, so erhielt er in dieser keine physiologische Wirkung, oder doch nur eine sehr unmerkliche, während dieselbe wieder zum Vorschein kam, wenn die zweite, also die mittlere Spirale vor dem Unterbrechen des Stromes wieder geöffnet worden war. Denselben Erfolg hatte er, wenn statt der mittleren geschlossenen Spirale eine gut leitende Metallplatte zwischen die beiden oder auch unter die erste Spirale geschoben wurde. In diesen beiden Fällen wirkt der verschwindende primäre Strom zunächst auf den geschlossenen Leiter, der der Bildung von Inductionsströmen einen geringeren Widerstand entgegensetzt, als die offene Spirale, und nur ein verhältnissmässig kleiner Theil wird in der Spirale selbst als Product der Induction zum Vorschein kommen. Duchenne de Boulogne**) machte einige Jahre später dieselbe Beobachtung, auf die er durch einen Zufall und

*) Dove, Untersuchungen im Gebiete der Inductions-Elektricität. Berlin 1842.

**) De l'électrisation localisée et de son application etc. p. 137 ff. Paris 1855.

ohne die Entdeckungen Henry's und Dove's auf diesem Gebiete gekannt zu haben, gebracht worden zu sein angiebt. Er stellte seine Untersuchungen an einer doppelten Inductionsspirale mit zwei hohlen Kupfercylindern an, von denen der eine in die Höhlung der Spirale über die Eisenstäbchen eingeschoben wurde, während der zweite grössere Cylinder die Oberfläche der Spirale bedeckte. In diesem Falle beobachtete er die Stärke beider Ströme, sowohl des Extracurrenten als des Stromes zweiter Ordnung auf ein Minimum reducirt, welche allmälig und gleichmässig wieder zunahm, wenn er die beiden Cylinder allmälig wieder abzog, wobei seiner Beobachtung zufolge der äussere Cylinder seine schwächende Wirkung vorherrschend auf den secundären Strom ausübe, während der innere mehr auf den Extracurrenten wirke. Derselbe schwächende Einfluss finde auch bei Strömen von Rotationsmaschinen (magneto-elektrischen Strömen) statt, wenn deren Spiralen mit einem Kupfercylinder bedeckt würden.

Duchenne fand ebenfalls, dass der Kupfercylinder nicht auf die Magnetisirung des Eisens einen Einfluss ausübe, sondern auf die Ströme selbst, indem er beobachtete, dass die Magnetisirung des Eisens unter dem Einfluss der Cylinder keine wesentliche Veränderung erleide. Er sucht den Grund der Schwächung der Ströme durch den Cylinder darin, dass derselbe neutralisirend auf jene einwirke. l. c. Seite 140 heisst es:

„Puisqu'il m'était démontré que les cylindres de cuivre placés intérieurement ou extérieurement sur la bobine influençaient si faiblement l'aimantation de fils de fer doux placés au centre de cette bobine, il fallait donc que ce fût directement sur les courants d'induction que leur influence neutralisant s'exerçât." So richtig nun auch das vorstehende Factum ist, so bedarf die Art und Weise, wie Duchenne den Einfluss der Cylinder auf die Ströme zu erklären sucht, doch noch einer Ergänzung. Die Annahme einer „Neutralisation" giebt noch keinen Begriff von dem hiebei statthabenden Vorgang, sondern scheint mir eher geeignet, Missverständnisse hervorzurufen. Neutralisiren können wir nur etwas wirklich Bestehendes, und wenn daher vom Neutralisiren der Ströme die Rede ist, so müssen wirklich solche Ströme vorhanden sein. Nun wissen wir aber, dass der Einfluss des Cylinders eben

darin besteht, die Bildung von Strömen in der Spirale zu verhindern, indem der verschwindende Magnetismus des Eisens oder auch der verschwindende primäre Strom seine inducirende Wirkung nicht auf die Spirale, sondern auf den besseren Leiter, den Kupfercylinder, ausübt. Derselbe absorbirt gewissermaassen die von den oben genannten beiden Momenten ausgehende inducirende Wirkung, nicht aber die Ströme selbst, die zur Zeit noch nicht vorhanden, sondern sich erst bilden können, wenn der bessere Leiter, der Kupfercylinder nämlich, ganz oder theilweise wieder entfernt ist.

Wir haben hier wieder Gelegenheit, den Einfluss der Verschiedenheit der Leitungswiderstände zweier Körper in ihren Folgen zu beobachten, denn nur die Verschiedenheit genannter Eigenschaften ist es, die die Bildung von Inductionsströmen in der Spirale bei der Gegenwart des besser leitenden Kupfercylinders verhindert.

Dass eine vollkommen geschlossene Drahtspirale ebenso wirkt, wie ein Kupfercylinder, hat, wie wir gesehen haben, Henry durch seine Untersuchungen mittelst der Bandspiralen nachgewiesen. Es lässt sich dieser Versuch an jedem mit einer doppelten Spirale versehenen Inductionsapparate anstellen. Im Momente, in dem die äussere Spirale geschlossen wurde, hat die innere den grössten Theil ihrer Wirkung verloren, und es verhält sich dieselbe ganz ebenso, als ob sie von einem Kupfercylinder umgeben wäre. Befindet sich gleichzeitig noch ein Kupfercylinder innerhalb der Spirale, also zwischen dieser und dem Eisendrahtbündel, so ist die Schwächung des Stromes eine noch beträchtlichere, und das zuvor erhaltene Minimum von Stromstärke wird abermals reducirt. Wenn wir die beiden Körper, nämlich die äussere geschlossene Spirale und den inneren die Eisendrahtbündel umgebenden Kupfercylinder, in ihrem Einflusse auf die Stromstärke des Extracurrentes vergleichen, indem wir jeden von ihnen für sich in Betreff dieser Eigenschaft prüfen, so finden wir einen überwiegenden Einfluss auf die Schwächung des Extrastromes auf Seite des inneren Cylinders.

Ich erwähne bei dieser Gelegenheit auch noch eine von mir gemachte Beobachtung in Betreff des Einflusses einer zweiten offenen Spirale auf den Extrastrom der ersten Spirale, die

der gegenwärtig herrschenden Ansicht, dass dadurch die Stärke des Extrastromes geschwächt werde, widerspricht.

Faraday spricht sich über die Ursache der vermehrten Wirkung beim Oeffnen eines durch eine Spirale laufenden Stromes in folgender Weise aus: „Der elektrische Strom, welcher eine Spirale durchläuft, erzeugt, wenn die Kette unterbrochen wird, in einer benachbarten parallel laufenden Drahtwindung einen Inductionsstrom von gleicher Richtung; fehlt aber dieser Nebendraht, so erzeugt der Strom bei seinem Verschwinden diesen gleichgerichteten Strom in dem Schliessungsdrahte selbst, indem eine Windung auf die andere inducirend wirkt“*). Wenn ich diese Worte recht verstanden habe, so ist die Bildung des Extrastromes an das Fehlen des Nebendrahtes oder der zweiten Spirale geknüpft, so dass nach dieser Erklärung Faraday's folglich die Anwesenheit einer zweiten Spirale das Entstehen eines Extrastromes in der ersten Spirale verhindern müsste.

Ferner heisst es in einem kurzen Programme, das die Verfertiger des Du Roi'schen Inductionsapparates, die Mechaniker Siemens und Halske in Berlin, den Abnehmern des Apparates als Gebrauchsanweisung beigeben, wie folgt: „Dieser Strom (der Extracurrent) hat seine grösste Intensität, wenn die Eisenstäbe vollständig in den Holzcylinder hineingeschoben, der bewegliche Theil des Apparates (der Schlitten) dagegen entfernt und dadurch der Einwirkung des eben besprochenen Stromes entzogen wird. Je weiter die Eisenstäbe dagegen herausgezogen, je mehr der Schlitten dem perpendiculär gerichteten Holzbrettchen genähert wird (wobei die zweite Spirale über die erste hingeschoben wird), um so schwächer ist derselbe.“

Ich stellte meine Untersuchung über diesen Gegenstand mit dem nämlichen Du Roi'schen Apparate an, der sich der Beweglichkeit der Spirale wegen zu physikalischen Untersuchungen über Inductionsströme am besten eignet, wobei ich, wie gesagt, zu dem gegentheiligen Resultate gelangte. Die Wirkung des sehr kräftigen Extracurrenten wurde noch erhöht,

*) Am angegebenen Orte und in J. Müller's Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849. Bd. I, S. 686.

wenn die zweite offene Spirale über die erste hingeschoben wurde, und erreichte ihr Maximum, wenn diese von jener vollkommen bedeckt war. Das umgekehrte Verhältniss trat ein, wenn die zweite Spirale metallisch geschlossen und in diesem Zustande über die erste Spirale hingeschoben wurde. Hier fiel das Minimum von Stromstärke, welches durch den gegenseitigen Einfluss der Spiralen hervorgebracht werden konnte, an dieselbe Stelle, wo zuvor das Maximum erzeugt wurde.

Betrachten wir nun, um zu erfahren, welche Ursache dieser Erscheinung zu Grunde liegt, dass die Gegenwart einer zweiten offenen Spirale verstärkend auf den Extrastrom einwirkt, noch einmal die beiden Spiralen in ihrer gegenseitigen Einwirkung. Wir haben soeben gesehen, dass eine zweite geschlossene Spirale schwächend auf den Extrastrom der ersten Spirale einwirkt, wenn sie über oder unter dieselbe gebracht wird. Wir haben auch den Grund dieser schwächenden Einwirkung kennen gelernt, und erfahren, dass die geschlossene Spirale gewissermaassen die inducirende Wirkung des verschwindenden primären Stromes absorbirt, der sonst zur Erzeugung des Extrastromes verwendet worden wäre, was nothwendigerweise eine Schwächung des Inductionsstromes der ersten Spirale zur Folge haben muss. Das Wirkungsobject ist also hier nicht die erste, sondern die zweite Spirale, auf welche, wie wir gesehen haben, der verschwindende Strom der ersten Spirale inducirend einwirkt.

Nehmen wir nun das umgekehrte Verhältniss, wobei die zweite Spirale offen und die Spirale des primären Stromes im Momente der Induction unvollkommen geschlossen, etwa durch Einschaltung eines menschlichen Körpertheiles, so wird die Bildung des Extrastromes in der ersten Spirale nicht mehr wie vorher durch die Gegenwart eines besseren Leiters, nämlich einer geschlossenen Spirale, gestört werden. Die unvollkommene Schliessung der ersten Spirale hindert aber nicht, dass dennoch auch in der zweiten Spirale ein Strom inducirt wird. Hier wiederholt sich nun dieselbe Erscheinung, wie wir sie vorhin beobachtet haben, nur in umgekehrtem Sinne, nämlich der inducirte Strom in der zweiten Spirale (der secundäre Strom) findet bei seinem Verschwinden in seiner Nähe gleichfalls wieder einen besseren Leiter, als ihn die offene Spirale

darbietet. Der bessere Leiter ist aber hier die erste Spirale, welche, wenn auch unvollkommen, doch geschlossen ist. Der verschwindende secundäre Strom wird also auf die erste Spirale zurückwirken und folglich den in dieser circulirenden Extrastrom verstärken müssen. Es ist somit der Grund der Verstärkung des Extrastromes in keinem anderen Momente zu suchen, als in einer rückwirkenden Induction des verschwindenden secundären Stromes auf die erste Spirale.

Wir haben also hier einen Fall vor uns, wo ein inducirter Strom bei seinem Verschwinden gleichfalls wieder einen Strom inducirt. Es verhalten sich auch, wie Henry (a. a. O. S. 706) durch seine Untersuchungen über Inductionsströme höherer Ordnung nachgewiesen hat, inducirte Ströme in dieser Beziehung ebenso, wie jeder andere elektrische Strom; gleichwie ein verschwindender galvanischer oder magnetischer Strom in einem benachbarten Leiter Ströme inducirt, so wird auch der Inductionsstrom im Momente seines Verschwindens inducirend auf eine benachbarte Spirale einwirken, und wenn in dieser schon ein anderweitiger Inductionsstrom existirt, so wird er denselben verstärken. Diese Erscheinung hat auch in dem erwähnten Falle statt, wobei der Extrastrom in der ersten Spirale durch das Verschwinden des secundären, also durch Induction eines tertiären Stromes, der mit dem Extrastrome in derselben Spirale und in gleicher Richtung verläuft, verstärkt wird.

Was die Richtung inducirter Ströme höherer Ordnung betrifft, soll dieselbe nach Henry verschieden sein, und zwar in folgender Abwechslung:

Wenn der primäre Strom . . . . . +
so ist der Strom zweiter Ordnung ebenfalls +
der Strom dritter Ordnung . . . . . —
der Strom vierter Ordnung . . . . . +
der Strom fünfter Ordnung wieder — u. s. w.

Henry bestimmte die Richtung dieser Ströme durch Magnetisirung von Stahlnadeln, wobei er aus ihrer Polarität auf die Richtung des sie magnetisirenden Inductionsstromes schloss. Diese Methode ist aber insofern eine unzuverlässige, und somit auch das von Henry erhaltene Resultat, als das Magnetisiren der Stahlnadeln, der momentanen Dauer der In-

ductionsströme wegen, keinen sicheren Schluss auf deren Richtung zulässt. Es scheint mir vielmehr wahrscheinlich, dass die Richtung dieser Ströme eine andere ist, als Henry sie angiebt, nämlich, was wenigstens die Richtung der Oeffnungsströme anbelangt, um die sich's allein hier handeln kann, bei allen dieselbe. Dafür spricht einmal die soeben angeführte Thatsache, dass der verschwindende secundäre Strom, indem er einen tertiären Strom in der ersten Spirale inducirt, den Extrastrom in derselben Spirale zu verstärken im Stande ist, was nicht der Fall sein könnte, wenn diese beiden Ströme verschiedene Richtungen hätten, um so mehr, als die Richtung des Extrastromes keine Aenderung erleidet, wodurch auch der Gedanke an ein allenfallsiges Ueberwiegen des tertiären Stromes beseitigt werden muss.

Als zweiten Grund für die Richtigkeit meiner Annahme erwähne ich die Analogie der Induction des secundären Stromes durch den verschwindenden primären Strom, welche beide Ströme bekanntlich, was auch Henry bestätigt, in gleicher Richtung verlaufen. Wenn aber diese beiden Ströme gleiche Richtung haben, so ist nicht anzunehmen, dass die Richtung des secundären und des tertiären Stromes, und so auch jedes nächstfolgenden Stromes höherer Ordnung, eine verschiedene sei, da die Entstehungsursache dieser Ströme in allen Fällen dieselbe ist, nämlich ein in der Nähe eines Leiters (einer Spirale) verschwindender elektrischer Strom.

Dass dieser Strom in der ersten Spirale ein einfach galvanischer, in den übrigen Spiralen, wenn von Strömen höherer Ordnung die Rede, ein inducirter ist, kann in der Sache nichts ändern, da sich, wie schon erwähnt, beide Ströme in dieser Beziehung gleich verhalten. Einen Beweis hiefür liefert uns das Verhalten des primären zu dem secundären Strome. Jener ist das Product einer einfachen galvanischen Induction*), während der secundäre Strom dem Verschwinden des galvanischen und des Extrastromes seine Erzeugung verdankt — beide aber fallen in ihrer Richtung zusammen.

*) Vorausgesetzt, dass sich in dem Centrum der Spirale keine Eisenstäbe befinden, indem sonst neben dem verschwindenden galvanischen Strome auch noch der verschwindende Magnetismus zur Erzeugung des Extrastromes thätig wäre.

Wir haben nun noch eine nicht unwichtige Frage über den Einfluss der Dimensionsverhältnisse der Spirale auf die Stärke des Extrastromes zu berühren, denn es ist sehr begreiflich, dass der Effect einer Spirale, je nach der Länge und Dicke des Drahtes, nach der Form der Spirale selbst, und endlich nach der Menge des in derselben befindlichen Eisens ein verschiedener sein müsse.

Was das ersterwähnte Verhältniss anbelangt, die Länge der Spirale zu ihrem Effecte, so fand Henry (a. a. O. S. 705), dass die verschiedenen Effecte des Extrastromes nicht in gleicher Weise von der Länge der Spirale abhängen. Kurze Spiralen geben im Allgemeinen stärkere Funken und schwache oder gar keine fühlbaren physiologischen Wirkungen, bei allmäliger Verlängerung der Spirale bis zu einer gewissen Grenze nimmt die Stärke der Funken und die Stärke der Oeffnungsschläge gleichmässig zu. Ist diese Grenze aber überschritten, was bei einer Bandspirale von 300 Fuss Länge statt hat, so tritt eine Umkehr der ersteren Verhältnisse ein, indem nun die Funken schwächer werden, die Schläge aber an Stärke zunehmen. Bei einer Spirale aus einem $^1/_{16}$ Zoll dicken und 575 Fuss langen Kupferdrahte wurde die Stärke der Funken und der Schläge wieder geschwächt. Henry wendete auch vergleichsweise statt des einfachen Elementes eine Säule an, und fand, dass bei kurzen Spiralen die inductiven Effecte geringer waren, als bei dem einfachen Elemente; bei sehr langen Spiralen aber, wie bei den eben genannten, brachte die Säule eine stärkere Inductionswirkung hervor, als das einfache Element. Diese von Henry im Allgemeinen beobachteten Beziehungen zwischen der Länge der Spirale und der Stärke der verschiedenen Effecte des Extrastromes finden ihre Begründung und Erklärung in der Verschiedenheit der jedesmaligen Leitungswiderstände, der stromleitenden Spirale und des Elektricitätserregers. Es wird daher das Maximum von Effect, das mit einer Spirale erreicht werden kann, ebensosehr von dem Querdurchmesser, als von der Länge des Drahtes abhängen, so dass das Maximum bei einem dicken Drahte eine bedeutendere Länge beansprucht, als dies bei einem verhältnissmässig dünneren Drahte der Fall ist, da, wie wir wissen, der Leitungswiderstand eines Körpers durch Vergrösserung seines

Querdurchmessers verringert wird. Nun bleibt aber noch ein dritter Factor zu berücksichtigen, der begreiflicherweise für das zu erhaltende Maximum von Effect ebenso maassgebend ist, als die Länge und Dicke des Spiraldrahtes, und das ist die den primären Strom liefernde Elektricitätsquelle.

Es liegt somit die Beantwortung der Frage sehr nahe: Wie hat man eine Spirale zu construiren, um damit ein Maximum von Effect zu erreichen? Ja sie ist schon gegeben, wenn wir uns des weiter oben (S. 20) besprochenen Satzes erinnern, wo es heisst: dass man mit einer gegebenen Anzahl von Elementen nur dann den grösstmöglichsten Effect erreicht, wenn man dieselben so mit einander verbindet, dass der Widerstand der Elemente dem Widerstande des Schliessungsbogens gleichkommt. Wir werden also der Spirale eine solche Form zu geben haben, dass ihr Leitungswiderstand dem Widerstande des Elementes oder der Säule, die als Elektricitätserreger dient, gleichkommt. Ist der Widerstand der Spirale grösser, der Draht also verhältnissmässig zu lang, so wird in Folge des allzugrossen Widerstandes im Schliessungsbogen der primäre Strom allzusehr geschwächt, was auch eine Schwächung des Inductionsstromes zur Folge haben muss. Ist hingegen der Widerstand der Spirale kleiner als der des Elementes, der Draht der Spirale also sehr kurz oder dick, so erhalten wir weniger Windungen, die Spirale muss nothwendig kürzer werden, was ebenfalls wieder einen Verlust an Stärke des Inductionsstromes nach sich zieht.

Dieselben Verhältnisse finden auch statt, wenn im Centrum der Spirale zur Verstärkung des Inductionsstromes Eisendrähte sich befinden. Ist der Draht zu lang, so wird in Folge des dadurch schwächer gewordenen Stromes auch der Magnetismus des Eisens schwächer, der bei seinem Verschwinden auch schwächere Ströme in den Drahtwindungen induciren wird. Bei zu kurzem Drahte, also bei zu geringem Widerstande in der Spirale, wird der Extrastrom aus demselben Grunde geschwächt werden, wie bei der Spirale, in deren Höhlung sich kein Eisen befindet, nämlich in Folge der geringeren Anzahl der die Induction vermittelnden Drahtwindungen, abgesehen davon, dass dadurch auch der Magnetis-

mus des Eisens einen Verlust erleidet, wie wir sogleich sehen werden.

Was die näheren Beziehungen des in der Spirale befindlichen Eisens, in Anbetracht seiner Form, zur Verstärkung des Extrastromes betrifft, so haben wir bereits gesehen, dass ein aufgeschichteter Cylinder oder ein Bündel isolirter Eisendrähte den Extrastrom bedeutender zu verstärken im Stande sind, als unter sonst gleichen Verhältnissen ein massiver Eisenkern. Die Verstärkung des Extrastromes durch das Eisen ist eine sehr beträchtliche, so dass es eigentlich als unpassend erscheint, einen Einfluss, der den ursprünglichen Strom um das 20- bis 100fache übertrifft, blos einen verstärkenden zu nennen, da doch eigentlich der ursprüngliche Extracurrent, durch den Einfluss des verschwindenden Magnetismus und des dadurch in der Spirale erzeugten magneto-elektrischen Stromes in den Hintergrund gedrängt, diesem verstärkenden Strom gegenüber als verschwindend kleine Grösse erscheint.

Da wir es hier nun vorherrschend mit einem magneto-elektrischen Strome zu thun haben, so richtet sich auch begreiflicherweise die Stärke desselben nach der Stärke des ihn erzeugenden Magnetismus. Wir haben also hier zunächst die wechselweisen Beziehungen zwischen dem Eisen und der Magnetisirungsspirale, die hier zugleich Inductionsspirale ist, zu ermitteln, um dann zu erfahren, wie eine solche Spirale zu construiren ist, um einerseits einen möglichst starken Magnetismus zu erzeugen, andererseits aber auch den Gesetzen der Induction Genüge zu leisten, und so auf diese Weise eine Spirale zu erhalten, deren Effect dem zu erreichenden Maximum möglichst nahe kommt.

Lenz und Jakobi und später J. Müller (a. a. O. S. 483 und 494) sind durch ihre Untersuchungen über die Gesetze des Elektromagnetismus zu folgenden Schlüssen gelangt. Wenn einen Cylinder von weichem Eisen gleich starke Ströme in gleich vielen Windungen umströmen, so erlangt das Eisen die gleiche Stärke von Magnetismus, welches auch immer der Querschnitt des Drahtes und die Weite der Windungen sein mag, und zwar proportional dem Querschnitte des Eisenkernes, so dass unter sonst gleichen Verhältnissen ein doppelt so dicker Eisenkern auch einen doppelt so starken Magnetismus liefert. Es ist der Magnetismus bei gleicher Spirale und gleichem

Eisen aber auch der Stromstärke proportional, und ebenso bei gleichem Eisen und gleicher Stromstärke = der Anzahl der Windungen, so dass in dieser Beziehung die Totalwirkung sämmtlicher einen Eisenkern umgebenden Windungen gleich ist der Summe der Wirkungen der einzelnen Windungen. J. Müller hat später durch eine Reihe von Experimenten nachgewiesen, dass diese von Lenz und Jakobi aufgestellten Gesetze nur innerhalb gewisser Grenzen wahr sind, und bei einigermaassen dünnen Eisenstäben und ebenso bei sehr starken Strömen eine Aenderung erleiden. Er ging bei seinen Untersuchungen von dem leitenden Gedanken aus, dass es wie für Stahlmagnete, so auch für Elektromagnete ein Maximum von Magnetismus geben müsse, das annäherungsweise zu erreichen sei. Dieses Maximum fand Müller dem Quadrate des Durchmessers, oder dem Querschnitte des Eisens proportional, und um in Eisenstäben von verschiedenen Querschnitten denselben Theil ihres magnetischen Maximums zu erreichen, müsse man Ströme anwenden, die sich verhalten wie die Quadratwurzel aus dem Cubus der Halbdurchmesser. Wenn also eine bestimmte Stromstärke in einem Eisenkerne einen bestimmten Theil magnetischen Maximums erreicht, so wird man, um in einem doppelt so dicken Eisenkerne denselben Theil des Maximums zu erreichen, nicht wie nach Lenz einen doppelt so starken, sondern einen $\sqrt{2^3}$, also einen 2,83 mal stärkeren Strom nöthig haben.

Für unsere Zwecke, d. h. um aus dem Gesetze des Elektromagnetismus die genannten Beziehungen für Inductionsspiralen abzuleiten, genügen jedoch die von Lenz und Jakobi aufgestellten Gesetze, indem wir es hiebei weder mit zu dünnen Eisenkernen, noch mit allzustarken Strömen zu thun haben, und so kleine Differenzen nicht in Betracht kommen. Wir sehen also hier, dass die Stärke eines Elektromagneten von drei verschiedenen Umständen bedingt ist, einmal von der Stärke des Stromes, dann von der Anzahl der Windungen, und drittens von dem Querschnitte des Eisenstabes oder Eisendrahtbündels*). Die erwähnten Gesetze zeigen uns den An-

*) Es kommt in dieser Beziehung das Drahtbündel dem massiven Eisenstabe ziemlich gleich, indem die Gesammtwirkung des Drahtbündels der Summe der Wirkungen der einzelnen Eisendrähte entspricht.

theil, den jeder dieser Umstände an der Stärke des Elektromagneten hat, und geben uns somit nicht unwichtige Anhaltspunkte für die Construction einer Inductionsspirale, deren Extrastrom durch den Einfluss eines Eisendrahtbündels verstärkt oder vielmehr mit erzeugt werden soll. Dass ein für den Widerstand des Elementes zu langer Draht, trotz der dadurch verhältnissmässig vermehrten Anzahl der Windungen, eine Schwächung des Extrastromes zur Folge hat, haben wir bereits gesehen; wir werden also, um doch eine hinlängliche Anzahl von Windungen zu erhalten, durch geeignete Regulirung des Querschnittes des Drahtes ein etwa sich ergebendes Missverhältniss zu beseitigen suchen. Wenn es sich um einen sehr starken Extrastrom handelt, der nicht nur zur Erzeugung eines secundären Stromes, sondern für sich zur Anwendung kommen soll, so ist es gerathen, den Querschnitt des Drahtes zu verkleinern, und eine beträchtliche Anzahl von Windungen um das Eisen zu legen, da, wie wir gesehen haben, der Querschnitt des Drahtes bei gleicher Stromstärke ohne Einfluss auf die Magnetisirung des Eisens ist, während andererseits die Intensität des Inductionsstromes dadurch vermehrt wird. Das Verringern des Querschnittes bei einer grossen Anzahl von Windungen erhöht aber auch den Widerstand der Spirale um ein Beträchtliches, und wir sehen uns daher in diesem Falle veranlasst, auch den Widerstand des Elektricitätserregers zu erhöhen, und eine entsprechende Combination von mehreren Elementen zur Erzeugung des primären Stromes zu verwenden.

Einen minder starken, aber immer noch sehr kräftigen Extrastrom erhalten wir auch mit kurzer und etwas dickerer Spirale und einem Elemente, der nach Umständen einen sehr kräftigen secundären Strom induciren kann, wenn anders der Querschnitt des Eisendrahtbündels nicht zu klein ist. Ein Querdurchmesser von 3 bis 5 Centimetern wird in allen Fällen genügen, ohne die Grenze der Magnetisirungsfähigkeit zu überschreiten. Allerdings müssen durch den vergrösserten Querschnitt des Drahtbündels die Windungen weiter werden, wodurch dann für dieselbe Drahtlänge, die dem Widerstande des Elementes entspricht, eine kleinere Anzahl von Windungen herausfällt; dieser Ausfall wird aber durch den stärkeren Mag-

netismus und dessen verstärkte Wirkung bei seinem Verschwinden wieder gedeckt.

Es bleibt uns nun noch die Form der Spirale selbst, das Verhältniss zwischen Länge und Dicke und des daraus resultirenden Einflusses auf die Stärke des Elektromagneten zu ermitteln, sowie den Einfluss des Längsdurchmessers des Eisens. Auch hierüber erhalten wir Aufschluss aus den Gesetzen des Elektromagnetismus, wo es gelegentlich des Einflusses der Länge des Eisens auf die Tragkraft des Elektromagneten heisst (a. a. O. S. 513): „Wenn um ein hufeisenförmig gebogenes Eisen ein galvanischer Strom in einer bestimmten Anzahl Windungen herumläuft, so ist dessen Tragkraft dieselbe, die Windungen mögen nun die ganze Länge der Schenkel bedecken, oder nur an einem Theile derselben in mehreren Lagen über einander liegen. Die Länge der Schenkel hat unter sonst gleichen Umständen keinen Einfluss auf die Tragkraft."

Was hier von der Tragkraft eines hufeisenförmigen Elektromagneten gesagt ist, gilt aber überhaupt für die Stärke des Magnetismus, da diese durch eine Hufeisenform nicht verändert wird und nach den von Lenz angestellten Untersuchungen die Tragkraft eines Elektromagneten dem Quadrate des erregten Magnetismus proportional ist. Da somit die Längenverschiedenheit des in der Spirale befindlichen Eisens für dessen Magnetisirungsfähigkeit unwesentlich ist, so werden wir dasselbe und also auch die Spirale selbst nicht zu kurz machen, da eine längere Form bei gleicher Dicke den Vortheil gewährt, aus einer bestimmten Drahtlänge eine grössere Anzahl von Windungen bilden zu können, indem die einzelnen Windungen in wenigen Lagen über einander zu liegen kommen, und daher kleiner sind — ein Vortheil, der in doppelter Hinsicht der Stärke des Extrastromes zu gute kommt, indem hierdurch einerseits der Magnetismus des Eisens verstärkt, andererseits die Inductionswirkung der Spirale selbst erhöht wird.

Nachdem wir nun im Vorhergehenden die Entstehungsweise des Extrastromes und sein Verhalten gegen einen benachbarten metallischen Leiter kennen gelernt, so ist es nun ein Leichtes, daraus auch das Entstehen des secundären Stromes abzuleiten und zu erklären, um so mehr als dort schon von der Bildung dieses Stromes gesprochen wurde, der, wie ich nach-

gewiesen habe, durch rückwirkende Induction zur Verstärkung des Extrastromes beiträgt, vorausgesetzt, dass die Spirale offen ist.

Wir sehen nun in der Nähe der zweiten Spirale, in der die Bildung des secundären Stromes vor sich geht, zunächst zwei Ströme entstehen und wieder verschwinden, einmal den vom Elemente ausgehenden galvanischen oder primären Strom und den beim Verschwinden dieses gleichzeitig sich bildenden und wieder verschwindenden Extrastrom. Diese beiden Ströme müssen nun nach dem Gesetze der Induction in den Windungen der benachbarten Spirale einen zweiten, ebenfalls nur momentanen Strom induciren, und das ist der secundäre Inductionsstrom. Dieser Strom verdankt also unter allen Umständen sein Entstehen einer doppelten Inductionsquelle; welcher von beiden jedoch der überwiegende Antheil gebührt, hängt natürlich von der jeweiligen Construction der Spirale ab. Das ist der Vorgang, wenn im Centrum der Spirale kein Eisen sich befindet — im entgegengesetzten Falle aber sehen wir neben den eben erwähnten zwei inducirenden Momenten noch ein drittes auftauchen, und das ist das plötzliche Entstehen und Wiederverschwinden des Magnetismus im Eisen. Das Entstehen und Verschwinden von Magnetismus wirkt aber, wie bereits erwähnt, und wie wir bei den durch Stahlmagnete inducirten Strömen später noch einmal sehen werden, auf eine benachbarte Spirale ebenso, wie das Entstehen und Verschwinden eines elektrischen Stromes. Wir sahen den verschwindenden Magnetismus schon in der ersten Spirale einen Strom induciren, dem wir als verstärkendes Moment des Extrastromes begegneten, und es ist daher kein Grund zu der Annahme vorhanden, dass er auf die zweite Spirale nicht auch dieselbe Einwirkung ausübe, um so mehr, als die erste Spirale in diesem Momente geöffnet, die zweite Spirale aber in einem, wenn auch unvollkommen geschlossenen Zustande sich befindet und dadurch eine grössere Leitungsfähigkeit erhält.

Der secundäre Strom einer Inductionsspirale, in deren Centrum sich Eisen befindet, ist somit als das Product einer dreifachen Induction zu betrachten, und ist um so stärker, je stärker die inducirenden Momente einerseits, und je dünner der Draht und je grösser die Anzahl der Windungen in der zwei-

ten Spirale andererseits ist. Was die beiden zuletzt genannten Verhältnisse anbelangt, haben wir bereits in dem Capitel über den Leitungswiderstand der Körper gesehen, dass mit der Abnahme des Querschnittes eines Schliessungsbogens die Intensität des Stromes zunimmt, vorausgesetzt, dass die Elektricitätsquelle die nothwendige Kraft besitzt, den Strom durch den Schliessungsbogen zu treiben. Hier ist diese Quelle aber zum grossen Theile selbst ein Inductionsstrom (der Extrastrom mit dem verschwindenden Magnetismus), der schon an und für sich eine beträchtliche Spannkraft besitzt, und daher den Widerstand in der Spirale verhältnissmässig leichter überwinden wird, als ein galvanisches Element. Dass mit der vergrösserten Anzahl von Drahtwindungen die Stärke des Stromes zunehmen muss, geht aus dem Gesetze der Induction hervor. Die Windungen sind die Vermittler der Induction, und die Stärke des Inductionsstromes ist unter sonst gleichen Verhältnissen ihrer Anzahl proportional. Höchst wahrscheinlich, und wenn es erlaubt ist, *per analogiam* zu schliessen, ohne Zweifel ist auch hiefür eine Grenze vorhanden, wo die Anzahl der Windungen sich nicht mehr vermehren lässt, ohne in Folge des allzugross gewordenen Widerstandes eine Schwächung des Stromes herbeizuführen. Henry in seinen Untersuchungen über elektrodynamische Induction (a. a. O.) deutet dies im Allgemeinen auch an, ohne jedoch in quantitativer Beziehung genauer in den Gegenstand einzugehen. Diese Grenze liegt aber höchst wahrscheinlich, eben wegen der bedeutenden Spannkraft des inducirenden Stromes, ziemlich fern, so dass man bei einigermaassen kräftigem Extracurrenten der Spirale schon eine beträchtliche Länge geben kann, ohne fürchten zu müssen, diese Grenze zu überschreiten.

Die Richtung des secundär inducirten Stromes anlangend, wurde schon erwähnt, dass der beim Schliessen der Kette in der zweiten Spirale inducirte dem primären in der ersten Spirale entgegenläuft, während der beim Oeffnen sich bildende in seiner Richtung mit der des primären zusammenfällt. Es findet also ein beständiger Wechsel der Stromesrichtung statt, der durch das Galvanometer, noch besser aber durch eine Auflösung von Jodkalium und Stärke nachzuweisen ist. Wenn man die Enden der Inductionsspirale in nicht zu grosser Entfernung

von einander in die genannte Lösung taucht und den secundären Strom durch die Flüssigkeit streichen lässt, so werden sich nach kurzer Zeit an beiden Polen die gleichen Zersetzungsproducte ausgeschieden haben, beiderseits sowohl Jod als Kaliumoxyd (Kali), was unverkennbar einen Wechsel der Stromesrichtung anzeigt. Die Menge der abgeschiedenen Stoffe war auch, so weit sie mit dem Auge gemessen werden konnte, in mehreren Versuchen, die ich hierüber anstellte, gleich gross, was auf gleichen galvanometrischen Effect beider Ströme (des Oeffnungs- und Schliessungsstromes) schliessen lässt, da nach Dove's Untersuchungen der galvanometrische Effect eines Stromes stets seiner chemischen Wirkung proportional ist.

Anders verhält es sich mit dem physiologischen Effecte beider Ströme, der bei dem Schliessungsstrome $= 0$ durch das Gefühl nicht wahrnehmbar ist, bei dem Oeffnungsstrome hingegen sehr stark ist, und wenn man die beiden Conductoren mit befeuchteten Händen erfasst, dem Körper einen erschütternden Schlag ertheilt. Die Erklärung dieser Erscheinung glaube ich zum grossen Theil in dem Verhalten des Extrastromes oder vielmehr der Spirale des Extrastromes zu dem secundären Strome suchen zu müssen. Die secundären Ströme sind, wie oben schon bemerkt, abhängig von den Strömen der primären Spirale, dem primären oder galvanischen Strome und dem Extrastrome, und zweitens von dem Einflusse des sich bildenden und verschwindenden Magnetismus im Eisen. Es fragt sich nun, können diese drei Momente im Augenblicke des Kettenschlusses inducirend auf die zweite Spirale einwirken? Diese Frage muss entschieden mit Nein beantwortet werden, da gerade die geschlossene erste Spirale als ein in sich geschlossener besserer Leiter die Einwirkung des Magnetismus auf die zweite Spirale und also auch die Mitwirkung des Magnetismus zur Erzeugung des secundären Schliessungsstromes verhindert. Der Einfluss des Magnetismus ist aber häufig das überwiegende inducirende Moment, es muss also auch der Ausfall desselben eine beträchtliche Differenz zwischen der Stärke des secundären Schliessungs- und Oeffnungsstromes zur Folge haben.

Es bleibt nun noch der primäre oder galvanische Strom und der Extrastrom zu berücksichtigen, um zu erfahren, in

wie weit diese zur Erzeugung des secundären Schliessungsstromes beitragen. Wir begegnen hier wieder derselben Erscheinung, welche wir schon bei der Erzeugung des Extrastromes kennen gelernt haben, wo ebenfalls die geschlossene Spirale das Zustandekommen irgend einer Wirkung des Schliessungsstromes verhinderte, nur mit dem Unterschiede, dass dort der inducirende und der inducirte Strom in einer und derselben Spirale verliefen, während hier der Vorgang der Induction zwischen zwei getrennten Spiralen statt hat. Damit aber eine Einwirkung der Ströme der ersten Spirale auf die zweite Spirale stattfinden kann, muss jene geöffnet werden, da sonst die geschlossene Spirale einen besseren Leiter darbietet als die zweite, und in diesem Falle sowohl der galvanische Strom als auch der Extracurrent in der geschlossenen Spirale, aber in entgegengesetzter Richtung, verlaufen werden und die zweite Spirale grossentheils unberücksichtigt lassen. Dass diese Spirale aber der Inductionswirkung des Schliessungsstromes nicht völlig entzogen wird, beweist der oben erwähnte chemische Versuch, wo das Ausscheiden von Jod an beiden Polen das Vorhandensein von zwei Strömen anzeigt. Das Verhalten dieser beiden Ströme ist aber ein anderes in chemischer und in physiologischer Beziehung, indem im ersten Falle die Wirkung beider Ströme annäherungsweise gleich ist, während die physiologische Wirkung des Schliessungsstromes ihrer verschwindenden Kleinheit wegen gegen die Intensität des Oeffnungsstromes nicht in Betracht kommt. Aus diesem Grunde ist daher auch die Annahme eines Wechsels der Richtung des Stromes in praktisch physiologischer Beziehung wenigstens unstatthaft, da der in seiner Richtung sich stets gleichbleibende Oeffnungsstrom so überwiegend ist, dass der entgegenlaufende Schliessungsstrom $= 0$ angenommen werden kann.

2. Volta-elektrische Apparate.

Da die Inductionsströme nur von momentaner Dauer sind, so ist es nothwendig, um anhaltend solche Ströme zu erhalten, für ein beständiges Unterbrechen und Wiederschliessen des primären Stromes Sorge zu tragen. Dies kann entweder auf

rein mechanische Weise geschehen, indem man zwischen dem Elemente und der Spirale ein gezähntes Rad einschaltet, dessen Zähne beim Umdrehen entweder in Quecksilber tauchen oder abwechslungsweise auf einer Feder schleifen und dadurch den Strom schliessen und unterbrechen — oder, wie es bei der Mehrzahl der Inductionsapparate der Fall ist, durch den sogenannten Neef'schen Hammer, eine äusserst sinnreiche und zweckmässige Vorrichtung, die den Apparat ohne alle weitere Beihülfe in Thätigkeit versetzt und unterhält, und deshalb auch allgemeine Nachahmung gefunden hat.

Die Vorrichtung besteht im Wesentlichen darin, dass man den temporären Magnetismus des in der Spirale befindlichen Eisendrahtbündels dazu benutzt, auf ein vor ihm an einer Metallfeder befestigtes Eisenplättchen einzuwirken, wodurch das Unterbrechen und Wiederschliessen des Stromes bewerkstelligt wird. Im Momente des Kettenschlusses wird das Eisenplättchen von dem dadurch magnetisch gewordenen Eisendrahtbündel angezogen, wodurch gleichzeitig die Feder von einer die Continuität des magnetisirenden Stromes vermittelnden Platinspitze entfernt wird; dadurch wird aber der Strom unterbrochen, das Eisen der Spirale verliert seinen Magnetismus, lässt demnach die kleine Eisenplatte los, und die Feder derselben schnellt wieder an die stromschliessende Platinspitze zurück u. s. w. Statt des in der Spirale befindlichen Eisens kann man sich auch eines besonderen kleinen Elektromagneten bedienen, dessen Spirale natürlich mit der des primären Stromes zweckentsprechend verbunden sein muss. Auf diese Weise vermag der Apparat selbst das Oeffnen und Schliessen der Kette zu besorgen, was in praktischer Beziehung einen unbestrittenen Vortheil gewährt, besonders wenn ein an dem Hämmerchen angebrachter Regulator das Hervorbringen verschiedener Unterbrechungs-Geschwindigkeiten gestattet.

Man nennt die nach dem soeben entwickelten Principe construirten Apparate, die aus einem galvanischen Elemente und einer oder zwei Inductionsspiralen bestehen, volta- oder galvano-elektrische, auch elektro-magnetische, um die verstärkende Einwirkung des in der Spirale befindlichen Eisens anzudeuten, zum Unterschiede von den

3. Magneto-elektrischen oder Rotationsapparaten.

Wir haben gesehen, dass man durch rasches Annähern und Wiederentfernen eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Metalldrahtes in einem benachbarten geschlossenen Leiter gleichfalls elektrische Ströme auftreten sieht, die an die erwähnten Momente gebunden und alle Eigenschaften inducirter Ströme an sich tragen. Dieselben Erscheinungen entstehen, wie gleichfalls Faraday entdeckte, wenn unter denselben Bedingungen der elektrische Strom durch einen Magnet ersetzt wird, so dass das Annähern und Entfernen eines Magnetes in einer Spirale elektrische Ströme inducirt. Die Existenz dieser Ströme wies Faraday in derselben Weise nach wie die volta-elektrischen Inductionsströme. Er setzte zu diesem Behufe die beiden Enden einer Drahtspirale mit einem Multiplicator in Verbindung, der durch hinlängliche Entfernung der directen Einwirkung des Magnetes auf die Multiplicatornadel entzogen wurde, und brachte dann in das Centrum der Spirale einen Stahlmagnet, wobei er in demselben Momente eine Ablenkung der Nadel beobachtete. Die Nadel kehrte sofort wieder in ihre frühere Lage zurück, und blieb ruhig, so lange der Magnet an dieser Stelle verblieb, wurde aber beim Entfernen desselben neuerdings, jedoch in entgegengesetzter Richtung wieder abgelenkt, welche Bewegung ebenfalls nur von momentaner Dauer war.

Die Richtung des Stromes, welche die abgelenkte Nadel beim Annähern des Magnetes anzeigt, ist jener entgegen, in welcher der Magnet nach der Ampère'schen Theorie von seinen Eigenströmen umkreist wird, während der beim Entfernen inducirte Strom mit dieser in gleicher Richtung verläuft. Analog den volta-elektrischen Inductionsströmen hat man auch hier durch diese Erscheinung die Thatsache zu erklären gesucht, dass die beim Annähern des Magnetes in der Spirale erzeugten Ströme schwächer empfunden werden, als die beim Entfernen inducirten, da hier gleichsam zwei Ströme wirken, während beim Annähern eine Gegenwirkung und dadurch eine Schwächung des inducirten Stromes statt hat.

Da die magneto-elektrischen Ströme gleichfalls nur von momentaner Dauer sind, so ist es nöthig, um eine Reihe solcher Ströme zu erzeugen, einen beständigen Wechsel von Annähern und Entfernen des Magnetes zu unterhalten, was bei der Mehrzahl von Apparaten dadurch geschieht, dass man zwei durch eine Querstange verbundene Cylinder von weichem Eisen mit einem langen übersponnenen Kupferdrahte umwickelt, und diese beiden Eisenkerne, mit ihren Spiralen durch ein Drehrad in Bewegung gesetzt, vor den beiden Polen eines horizontal liegenden Hufeisenmagnetes kreisen lässt. Die Windungen der beiden Spiralen verlaufen in entgegengesetzter Richtung, und die Spiralen selbst sind mit einander verbunden.

Man kann magneto-elektrische Ströme auch auf diese Weise erhalten, wie es bei den Apparaten der Gebrüder Breton, dem von Duiardin und Duchenne der Fall ist, dass man die Drahtspirale statt um die Eisenkerne, um die beiden Kerne des feststehenden Magnetes befestigt, und die beiden ersteren oder statt ihrer eine ovale Eisenplatte, deren Länge der Entfernung der beiden Magnetarme entspricht, vor denselben in rotirende Bewegung setzt.

Wenn wir den hiebei stattfindenden Vorgang näher betrachten, so finden wir vor Allem, dass die Einwirkung des Stahlmagnetes auf die Spiralen keine directe ist, sondern durch die in diesen steckenden Eisenkerne vermittelt wird. Der erregte und wieder verschwindende Magnetismus des Eisens ist es, der Ströme in den Spiralen inducirt. So lange die Rollen, also die Eisenkerne mit ihren Spiralen den Magnetpolen gerade gegenüberstehen, ist zwar das Eisen am stärksten magnetisirt, da aber nur beim Entstehen und Verschwinden, nicht aber bei schon erregtem Magnetismus eine Inductionswirkung stattfindet, so ist in dieser Stellung der Einfluss des magnetisirten Eisens auf die Spiralen $= 0$. Diese Wirkung beginnt erst, wenn die Rollen von den beiden Magnetpolen, vor denen sie standen, sich entfernen und nach der entgegengesetzten Seite sich hinbewegen, wobei der zuerst dagewesene süd- und resp. nordpolare Magnetismus aus den Rollen verschwindet und der entgegengesetzte in denselben erregt wird. Also derjenige Eisenkern, der zuvor nordpolar magnetisirt war, verliert diesen Magnetismus, und wird, indem er sich dem Südpole des Stahl-

magnetes nähert, südpolar, und so umgekehrt. Da aber das Verschwinden des einen Magnetismus und das Erregen des anderen gleichgerichtete Ströme inducirt, und auch die Windungen der anderen Rolle, in der immer gleichzeitig die entgegengesetzten magnetischen Zustände hervorgerufen werden, in entgegengesetzter Richtung verlaufen, wodurch eine Ausgleichung des Entgegengesetzten entsteht, so folgt daraus, dass während der ersten halben Umdrehung gleichgerichtete Ströme in dem Spiraldrahte inducirt werden. Da aber bei der zweiten halben Umdrehung der Rollen eine gänzliche Umkehr dieser Verhältnisse eintritt, so müssen die hiedurch inducirten Ströme nun nothwendig auch die entgegengesetzte Richtung annehmen. Es findet also bei einer ganzen Umdrehung ein einmaliger Wechsel der Stromesrichtung statt, und zwar, wie wir gesehen haben, wenn die Inductionsrollen die Magnetpole passiren, nicht aber, wenn sie sich zwischen den Polen bewegen, und die Grenzlinie passiren zwischen dem verschwindenden Magnetismus einerseits und dem entgegengesetzten Erregten anderseits, da das Verschwinden und Erregen magnetischer Gegensätze gleichgerichtete Ströme inducirt.

Um auch bei der ganzen Umdrehung der Rollen, also stets, gleichgerichtete Ströme zu erhalten, hat Stöhrer, der sich um die Verbesserung von Rotationsapparaten wesentliche Verdienste erwarb, einen Commutator — eine sehr sinnreiche Vorrichtung angegeben, mittelst welcher ein Wechsel der Stromesrichtung vermieden werden kann. Derselbe besteht aus zwei hohlen, über einander geschobenen, jedoch sorgfältig von einander isolirten Messingcylindern, von denen der untere etwas länger ist, und unmittelbar auf der Drehungsaxe der Inductionsrollen aufsitzt. Beide sind an ihren Enden mit senkrecht aufsitzenden Metallkämmen versehen, die etwas mehr als den Halbkreis des Randes der Cylinder umgeben, und zwar so, dass wenn der Kamm an dem einen Ende eines Cylinders am unteren Halbkreise sitzt, er am anderen Ende desselben oben angebracht ist, und so umgekehrt bei dem anderen Cylinder. Wenn man also die beiden mit einander verbundenen Cylinder als ein Ganzes, oder vielmehr als einen Cylinder betrachtet, so sieht man in kurzer Entfernung von einander an jedem Ende zwei Kämme, von denen der eine am oberen, der andere am

unteren Halbkreise des Cylinders angebracht ist, wobei jedem der beiden Cylinder selbst wieder ein oberer und ein unterer angehört. Auf diesen Kämmen liegen zwei Metallfedern auf, von denen jede in der Mitte mit einem Ausschnitte versehen ist, so dass beim Umdrehen des Commutators immer nur ein Theil der Feder den entsprechenden Kamm eines Cylinders berührt. Während also der äussere Zahn der einen Feder auf dem äusseren Kamme, der dem unteren Cylinder angehört, aufliegt, schleift der innere Zahn der anderen Feder auf dem entsprechenden Kamme des inneren oder oberen Cylinders, und umgekehrt. Durch diese Vorrichtung wird nicht nur das Ueberführen der Ströme nach den Conductoren vermittelt, sondern es werden auch die bei einer einmaligen Umdrehung der Inductoren in ihrer Richtung wechselnden Ströme in gleichgerichtete verwandelt, indem der Commutator so auf der Axe befestigt ist, dass das Abspringen der Feder von einem Cylinder auf den anderen gerade in dem Momente stattfindet, wo die Ströme in den Spiralen ihre Richtung umkehren, d. h. wenn die Inductionsrollen gerade die Magnetpole passiren.

Was die Intensitätsverhältnisse magneto-elektrischer Ströme anlangt, sind dieselben analog denen der volta-elektrischen, mit denen sie auch in vielen Eigenschaften vollkommen übereinstimmen. Es wird daher die Stärke magneto-elektrischer Ströme einmal von der absoluten Stärke des inducirenden Stahlmagnetes abhängen, sowie ferner von den Verhältnissen, die die Stärke des Einflusses auf die Drahtspiralen bedingen. In Betreff der letzteren Beziehung sehen wir, dass dieser Einfluss verschieden ist je nach der Entfernung des Magnetes von den Eisenkernen und nach dem Querschnitte der Eisenkerne selbst. Je näher also der Magnet dem weichen Eisen zu stehen kommt, und je dicker unter sonst gleichen Verhältnissen die Eisenkerne sind, desto stärkere Ströme erhalten wir. Was die Form der Drahtspirale anbelangt und deren Einfluss auf die Stärke der Ströme, begegnen wir ganz denselben Verhältnissen, wie wir sie bei den volta-elektrischen Inductionsapparaten bereits erwähnt haben, wo gezeigt wurde, dass die Stärke dieser Ströme mit der Anzahl der Windungen in geradem, und mit dem Querschnitte des Drahtes in umgekehrtem Verhältnisse steht. Noch ein Umstand bleibt zu er-

wähnen, der wesentlich auf die Stärke der Ströme influencirt, und dem wir bei den volta-elektrischen Apparaten nicht begegneten; es ist das die Drehungsgeschwindigkeit der Rollen. Wenn sich dieselben sehr langsam vor den Magnetpolen bewegen, so dass das Erregen und Verschwinden des Magnetismus sehr allmälig stattfindet, so ist die Einwirkung auf die Drahtwindungen fast Null, da, wie wir aus den Gesetzen der Induction kennen gelernt haben, gerade der plötzliche Wechsel elektrischer oder magnetischer Zustände es ist, der eine Inductionswirkung veranlasst. Aber auch bei gleicher Drehungsgeschwindigkeit ist die Stärke der Ströme nicht in allen Momenten dieselbe, da diese von dem Augenblicke, wo die Rollen die Magnetpole verlassen, erst beginnt, zwischen den beiden Polen, wo also die Verbindungslinie der Rollen auf die Verbindungslinie der Magnetpole senkrecht steht, ihr Maximum erreicht, und jenseits dieser Grenze wieder abnimmt, und, wenn die Rollen an den entgegengesetzten Magnetpolen ankommen, wieder auf Null herabsinkt. Da sich dieser Vorgang während einer ganzen Umdrehung noch einmal wiederholt, so beobachten wir daher innerhalb dieser Zeit auch ein zweimaliges Anschwellen und Abnehmen der Stromstärke.

Wenn wir die magneto-elektrischen Ströme mit den volta-elektrischen in Anbetracht ihrer Entstehungsweise und ihrer allgemeinen Eigenschaften vergleichen, so lässt sich die grösste Analogie zwischen beiden nicht verkennen, so dass es eine nicht zu rechtfertigende Willkür wäre, die eine oder andere Art der genannten Ströme als eine besondere Species zu betrachten. Vom Standpunkte der Physik aus ist dies auch bereits anerkannt, und dass dies in medicinisch-therapeutischer Hinsicht nicht auch der Fall ist, daran trägt theilweise die Sucht zu trennen und Neues zu liefern, theilweise aber auch Unkenntniss der Sache selbst Schuld. Beide Ströme haben alle Eigenschaften inducirter Ströme gemein, als, die Art und Weise ihres Entstehens, ihre momentane Dauer, die bei beiden an dieselben Momente gebunden ist, und die beträchtliche Spannkraft oder das Vermögen, grosse Leitungswiderstände zu

überwinden, woraus sich zum Theil ihre beträchtliche physiologische Wirkung erklärt.

In dieser Beziehung weichen die magneto-elektrischen Ströme nur insofern von den volta-elektrischen ab, als der Wechsel der Stromdichtigkeit, der die Stärke der physiologischen Wirkung bedingt, bei jenen ein weniger rascher ist, als bei diesen, was aus dem vorhin erwähnten allmäligen Anschwellen und Abnehmen der Stromstärke magneto-elektrischer Ströme erhellt. Bei den volta-elektrischen Apparaten finden die Schwankungen der Stromdichtigkeit in einem Momente statt und ohne Zwischenstufen; der Strom steigt also in einem Momente von Null zu dem erreichbaren Maximum von Stärke, und sinkt ebenso wieder auf Null herunter, ein Vortheil, der, wie wir später bei den Erscheinungen der elektrischen Muskel- und Nervenreizung sehen werden, in physiologischer und somit auch in medicinisch-therapeutischer Beziehung zu Gunsten der volta-elektrischen Ströme spricht, da ein solcher Apparat bei zweckmässiger Construction stärkere physiologische Effecte liefern wird, als ein magneto-elektrischer Apparat von ungefähr gleichem Aufwande an Material, gleicher Spirale etc.

Literatur. — Faraday, Beobachtung von Fällen gleichzeitiger Strömungs- und Spannungserscheinungen bei der elektrischen Induction. Pogg. Annal. Bd. 96, S. 488. — Derselbe, Ueber elektrische Induction in Flüssigkeiten. l. eodem Bd. 92, S. 299. — Derselbe, Experimental researches on Electricity. London 1849. — Dove, Untersuchungen im Gebiete der Inductions-Elektricität. Berlin 1842. — Derselbe, Ueber Elektricität. Berlin 1848. — Beckensteiner, Etudes sur l'électricité. Paris et Lyon 1847. — Neumann, F. E., Ueber ein allgemeines Princip der mathematischen Theorie inducirter elektrischer Ströme. Berlin 1848. — Roget, P., Darstellung des Elektromagnetismus, übersetzt von Rottenkamp. Stuttgart 1848. — Noad, Lectures on Electricity. London 1849. — Sinsteden, Elektrische Spannungserscheinungen und Funken an ungeschlossenen Inductionsspiralen. Pogg. Annal. Bd. 69, S. 353. — Masson und Breguet, Untersuchungen im Gebiete der Inductions-Elektricität. Archives de l'électricité 1842. — Henry, Untersuchungen über elektro-dynamische Induction. Pogg. Annal. Ergänzungsband 1842, S. 282. — Edlund, Versuche über den Extrastrom. l. eodem Bd. 77, S. 161. — Ueber denselben Gegenstand siehe Untersuchungen von Dove Bd. 56, S. 251. — Bachhoffner und Sturgeon, Ueber die verstärkende Wirkung von Eisendrahtbündeln auf den Extrastrom. Annales of Electricity Vol. I, p. 481. — Ueber denselben Gegenstand von Magnus in Pogg. Annal. Bd. 48, S. 95. — Stöhrer, Beschreibung eines Rotationsapparates. l. eodem Bd. 61, S. 417. — Petrina, F., Die magneto-elektrische Maschine etc. Linz 1844. — Poggen-

dorff, Beiträge zur Kenntniss der Inductionsapparate. Pogg. Annal. Bd. 94, S. 289. — Derselbe, Ueber eine neue Verstärkungsweise des Inductionsstromes. l. eodem Bd. 95, S. 156. — Osann, Beschreibung eines galvanischen Inductionsapparates, hauptsächlich zum medicinischen Gebrauche eingerichtet. Verh. der phys. med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. V, S. 406. — Gaugain, Note sur la force électromotrice qui produit des courants secondaires. Compt. rend. T. 41, p. 1164. — Derselbe, Note sur la phénomènes attribués à l'action simultanée de deux courants égaux et opposés. l. c. T. 1, p. 1280. — De la Rive, Traité d'électricité théorique et appliquée. Paris 1854. 1855. — Wright, Th., Elektro-magnetische Maschine mit einfacher Inductionsspirale und Gegeninductionsrohr, um die Stromkraft zu mässigen. Schmied's Jahrb. 1850. Bd. 87, Nr. 8, S. 169. — Cramer, A., Beschreibung und Abbildung eines sehr compendiösen etc. elektro-magnetischen Inductionsapparates. Kiel 1845. — Romershausen, E., Beschreibung des von ihm angegebenen Elektromagneten. Dingler's polyt. Journ. 1851. Juni. S. 358. — Klenke, Die patentirte elektro-elektrische Inductionsmaschine von Dankwerth. Leipzig 1853. — Schneemann, Die Dankwerth'sche Inductionsmaschine. Hann. Corr. Bl. 1851. II, 18. — Meinel, E., Der galvano-elektrische Inductionsapparat des Mechanicus Heller in Nürnberg. Illustr. med. Zeitschr. 1852. 1. 4. — Dankwerth, Galvano-elektrische Inductionsapparate. Hann. Corr. Bl. 1854. V, 10. — Becquerel, E., L'appareil électro-magnétique du M. Ruhmkorff. Bull. de la Soc. d'encourag. 1855. Nov. p. 765. — Heidenreich, Der elektromagnetische Apparat mit gleichlaufenden Strömen. II. Ord. Deutsche Klinik. 1856. Nr. 1 bis 4. — Müller, J., Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849 bis 1852, Bd. 1, S. 676 bis 713. — Ausserdem in allen Lehr- und Handbüchern der Physik.

Nachdem wir die Erscheinungen der Contact- und Inductions-Elektricität kennen gelernt haben, kommen wir noch auf eine dritte Elektricitätsquelle zu sprechen, nämlich den Thierkörper selbst, dessen elektrische Eigenschaften hier gleichsam als Uebergang zum nächsten Abschnitte angeführt werden, da manche Erscheinung der elektrischen Erregung des thierischen Organismus, wie z. B. der Elektrotonus, nur durch das Vorhandensein von Eigenströmen erklärt werden kann.

C. Von den elektromotorischen Eigenschaften des Thierkörpers.

Als Entdecker der thierischen Elektricität ist zweifelsohne Galvani zu betrachten, welcher zuerst ohne Anwendung von Metallen Zuckungen in den Muskeln des Frosches beobachtete, und nur der gleichzeitigen Entdeckung der Metallelektricität, mit der jene in ihren Wirkungen verwechselt und zusammengeworfen wurde, ist es zuzuschreiben, dass sie in Vergessenheit gerieth und für mehrere Decennien aus dem Felde der Forschung verdrängt wurde. Erst, als nach der Erfindung des Multiplicators für Forschungen auf diesem Gebiete neuer Boden gewonnen wurde, entdeckte Nobili die elektro-magnetische Wirkung des Froschstromes, den er für das Resultat eines thermoelektrischen Vorganges hielt, indem er annahm, dass die Nerven wegen ihrer geringeren Masse im Verhältniss zu den Muskeln durch die Verdunstung eine raschere Abkühlung erleiden. Mateucci, welcher später diesen Gegenstand von

Neuem aufgriff und mit grossem Eifer und vielem Glücke verfolgte, kam durch seine Untersuchungen zu der Einsicht, dass zur Erzeugung von Zuckungen keine Berührung von Muskeln und Nerven ausserhalb des Froschkörpers nothwendig ist, sondern dass die leitende Verbindung von zwei auf der Längsaxe des Frosches gelegenen Punkten zur Entstehung eines nachweisbaren Stromes hinreiche. Dadurch wurde die Annahme Nobili's von dem thermoelektrischen Ursprunge dieses Stromes beseitigt, und ein wesentlicher Schritt in der Sache weiter gethan.

Das grösste Verdienst auf dem Felde der thierischen Elektricität erwarb sich unstreitig Du Boi Reymond, der durch eine grosse Reihe exacter Beobachtungen das Vorhandensein von selbstständigen, bestimmten Gesetzen unterliegenden Muskel- und Nervenströmen nachwies. Er beseitigte zunächst die Annahme Nobili's und Mateucci's, dass diese elektrische Erscheinung nur dem Frosche zukäme, indem er auch an anderen Thieren experimentirte, wie an Salamandern, Kröten, Tauben, Kaninchen u. s. w. und an den Muskeln und Nerven eines amputirten menschlichen Unterschenkels, und wenn auch schwächere, doch ebenfalls elektrische Ströme erhielt.

Die von Du Boi gemachten, von dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft als Thatsachen angenommenen Beobachtungen sind in Kürze folgende:

Wenn man einen lebenden Nerv oder Muskel so in den Kreis eines empfindlichen Multiplicators einschaltet, dass das eine Ende des Drahtes mit einem Punkte der natürlichen Oberfläche, das andere mit einem Punkte eines künstlich angelegten Querschnittes des Nerven oder Muskels in Berührung kommt, so entsteht im Momente des Kettenschlusses ein elektrischer Strom in dem Multiplicatordrahte, dessen Dasein durch die Ablenkung der Magnetnadel sich kund giebt. Was die durch die Magnetnadel angezeigte Richtung dieses Stromes betrifft, so geht derselbe von der Oberfläche des Muskels oder Nerven nach dessen künstlich angelegtem Querschnitte. Wie sich aber die natürliche Oberfläche dieser Organtheile verhält, ebenso verhält sich auch ein künstlich angelegter Längsschnitt derselben; es verhält sich also jeder Punkt des natürlichen oder künstlichen Muskel- oder Nerven-Längsschnittes positiv

gegen einen beliebigen Punkt des Querschnittes. Du Boi unterscheidet ferner noch einen auf der Mitte des Längsschnittes gelegenen Punkt, um welchen gleichsam die elektromotorischen Kräfte des Muskels oder Nerven symmetrisch angeordnet sind, und nennt ihn den elektromotorischen Aequator. Hier verhalten sich ebenfalls wieder alle diesem Aequator näher gelegenen Punkte positiv gegen solche, welche dem Ende des Längsschnittes näher liegen. Ebenso verhalten sich solche Punkte, welche der Mitte des Querschnittes näher liegen, elektronegativ gegen entferntere, also gegen solche, welche sich dem Rande des Querschnittes nähern.

Wir beobachten daher an jedem Nerven- oder Muskelstück zwei elektromotorische Hauptpunkte, den positivsten elektromotorischen Aequator und den negativsten Querschnittmittelpunkt; alle zwischen diesen Stellen befindlichen oder denkbaren Punkte sind aber unter sich selbst wieder, wenn auch in geringerem Grade, elektromotorische Gegensätze, und zwar in der angegebenen Weise, dass sich jeder beliebige Punkt in aufsteigender Richtung vom Aequator nach dem Mittelpunkte des Querschnittes hin positiv verhält gegen den zunächst gelegenen. Um dieses eigenthümliche Verhalten der Muskeln und Nerven zu erklären und präcis auszudrücken, wird angenommen, dass dieselben aus einer unbestimmten Menge überall mit einer feuchten Schicht umgebener peripolarer Molekeln bestehen, welche sämmtlich aus einer positiven Aequatorial- und zwei negativen Polarzonen zusammengesetzt, und deren die letzteren verbindende Axen sämmtlich der Längsaxe des Nerven oder Muskels parallel gerichtet sind. Es ist dies eine ähnliche Annahme, wie man sie auch zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen benutzt. Gleichwie man sich einen Magnetstab aus einer unendlichen Reihe von Molekeln zusammengesetzt denkt, von denen jedes einzelne genau dieselben Eigenschaften hat, wie der ganze Magnet, so werden auch zur Erklärung des Muskel- und Nervenstromes Molekeln vorausgesetzt, von denen jedes dieselben Ströme liefert, wie das Ganze. Die Beobachtung bestätigt auch diese Annahme, indem wir selbst an dem kleinsten Muskel- und Nervenstückchen, so lange noch Längs- und Querschnitt zu

unterscheiden ist, nach denselben Gesetzen Ströme entstehen sehen.

Was die Stärke dieser Ströme betrifft, sind es besonders zwei Momente, die auf dieselbe influenciren.

a. Die Ablenkung der Nadel ist um so grösser und mithin auch die Wirkung des Stromes um so stärker, je grösser die Entfernung der Multiplicatorenden zwischen dem Aequator und dem künstlichen Querschnitte ist, so dass der Strom seine grösste Intensität erreicht, wenn das eine Ende am positivsten Aequator, während das andere an dem negativsten Mittelpunkte des Querschnittes sich befindet. Ein gleichmässiges Schwächerwerden des Stromes beobachtet man, wenn die Drahtenden innerhalb der angegebenen Grenzen einander genähert werden. Dass die Nadel in Ruhe bleibt, also kein Strom entsteht, wenn die Drahtenden symmetrisch zum Aequator oder zum Mittelpunkte des Querschnittes angelegt werden, geht gleichfalls aus der angegebenen Theorie des Muskel- und Nervenstromes hervor.

b. Abgesehen von der Anlegung der Drahtenden existirt noch ein anderer Moment, der bedingend auf die Stromstärke einwirkt, und das ist der Erregungszustand, in welchem der zu prüfende Muskel oder Nerv sich befindet. Werden dieselben auf irgend eine Weise in einen gesteigerten Erregungszustand versetzt, so nehmen ihre elektromotorischen Kräfte ab. Am stärksten tritt diese Erscheinung hervor, wenn man mittelst eines Inductionsapparates den Nerv oder Muskel tetanisirt, weniger stark, wozu auch schon äusserst empfindliche Multiplicatoren gehören, bei einem chemischen, mechanischen oder thermischen Reize. Du Boi sucht den Grund dieser eigenthümlichen Erscheinung in einer negativen Schwankung des ursprünglichen Muskel- oder Nervenstromes, indem derselbe durch den auf ihn ausgeübten Reiz eine Veränderung in seinem Verhalten erleidet.

Diese Erscheinungen sind nicht zu verwechseln mit einer nur am Nerven beobachteten Erscheinung, dem Elektrotonus, der je nach Umständen eine Verstärkung oder Schwächung des ursprünglichen Nervenstromes veranlasst. Man versteht unter Elektrotonus jenen eigenthümlichen Zustand, in welchen ein Nerv verfällt, wenn er entweder seiner ganzen Länge nach,

oder nur eine kurze Strecke desselben in den Kreis einer constanten Kette gebracht wird, und in welchem er während der ganzen Dauer des Geschlossenseins der Kette verharrt. Es wird hiedurch auf der ganzen Länge des Nerven, also auch auf der von dem galvanischen Strome nicht unmittelbar durchflossenen Strecke, eine neue elektromotorische Thätigkeit hervorgerufen, und zwar in der Richtung dieses Stromes. Fällt nun die Richtung dieses neuen Stromes mit der des Nervenstromes zusammen, so wird dieser, wie der Multiplicator nachweist, verstärkt, im entgegengesetzten Falle geschwächt. Die Stärke des elektrotonischen Zustandes ist von folgenden Momenten abhängig. Sie wächst mit der Annäherung der Multiplicatorenden an die Leitungsdrähte der Kette, mit der Lebensfähigkeit des zu prüfenden Nerven, mit der Intensität des erregenden Stromes, mit der Länge des erregten Nervenstückes und endlich mit der Schiefe der Richtung der Leitungsdrähte zur Längsaxe des Nerven.

Du Boi hat die Erscheinung der negativen Stromesschwankung auch am lebenden Menschen nachgewiesen (Comptes rendus T. 30, p. 349) und gezeigt, dass willkürlich contrahirte Muskeln gleichfalls schwächere Ströme im Multiplicator erkennen lassen, als im Zustande der Ruhe. Ueber die Art der Ausführung des Versuches ist an der citirten Stelle nichts Näheres angegeben. Joh. Müller, der diesen ebenfalls mit Erfolg anstellte, beschreibt ihn wie folgt*): „An die beiden Drahtenden eines Multiplicators von 3700 Windungen wurden die kupfernen Handhaben eines Inductionsapparates eingeschraubt. Sobald man sie mit den befeuchteten Händen anfasste, verliess die Multiplicatornadel ihre Gleichgewichtsstellung, um nach einigen Oscillationen wieder, wenn auch nicht mehr genau im Nullpunkte, zur Ruhe zu kommen. Contrahirt man nun die Muskeln des einen Armes und der einen Hand, indem man die Handhabe kräftig drückt, so sieht man sogleich die Nadel ihre neue Gleichgewichtslage verlassen, um einen Ausschlag von 10 bis 20 Grad nach der einen Seite zu machen. Zieht man jetzt, wenn die Nadel ihren Rückschwung beginnt,

*) Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. Bd. I, S. 843. Braunschweig 1849—52.

die Muskeln des zuerst contrahirten Armes in Ruhe lassend, die Muskeln des anderen Armes zusammen, so kann man die Nadel auf der anderen Seite noch weiter aus der Gleichgewichtslage treiben. Wechselt man auf diese Weise mit der Contraction der Arme in den gehörigen Momenten ab, so kann man in oscillirender Bewegung Ausschläge von 40 bis 45 Grad auf jeder Seite erhalten."

Dieser äusserst interessante Versuch lehrt uns einmal, dass der lebende Körper in seinem elektromotorischen Verhalten genau mit dem einzelner Muskel- und Nerventheile übereinstimmt, und liefert zugleich den eclatanten Beweis, dass die Muskel- und Nervenströme selbstständiger Natur und nicht etwa als das Resultat eines secundären elektrischen Vorganges zu betrachten sind, welche Ansicht früher galt. Die hier beobachteten Ströme können nicht als die Folge eines thermoelektrischen oder elektrochemischen Processes angesehen werden, da sie unter allen Umständen den von Du Boi aufgestellten Gesetzen gehorchen. Der erwähnte Versuch bringt aber auch noch den Vorgang und die Wirkung der negativen Stromesschwankung aufs Deutlichste zur Anschauung. So lange der Kreis von beiderseits relaxirten Muskeln geschlossen bleibt, verweilt die Nadel in ihrer Ruhelage*), und wird erst abgelenkt im Momente der Contraction eines der beiden Arme, wodurch eine negative Stromesschwankung veranlasst und das Gleichgewicht des ruhenden Muskelstromes gestört wird. Ist nun z. B. der rechte Arm contrahirt, so geht der Strom, in Folge der schwächer gewordenen elektromotorischen Thätigkeit in diesem Arme, vom linken Arme durch den Multiplicator-

*) Die von Müller beim Anfassen der Metallcylinder wahrgenommene geringe Nadelablenkung ist die Folge eines der praktischen Ausführung des Versuches entgegenstehenden und nicht zu vermeidenden Hindernisses, bedingt durch ungleiches Anfassen der metallenen Handhaben sowohl in zeitlicher als räumlicher Beziehung, oder was ebenso schwer zu vermeiden sein dürfte, durch Ungleichheit des Muskeltonus beider Arme, oder endlich durch ungleiche Entwickelung der Muskeln beider Hände oder Arme selbst verursacht. Könnten alle diese Verhältnisse als beiderseitig gleich angenommen werden, so müsste die Nadel in Ruhe bleiben, da dann auch die von den beiden Extremitäten ausgehenden Ströme, die sich im Multiplicatordraht begegnen, als vollkommen gleich, in ihrer elektro-magnetischen Wirkung sich gegenseitig aufheben würden.

draht nach dem rechten Arme. Die hiebei stattfindende Ablenkung der Nadel muss als das Resultat einseitiger Stromesschwankung angesehen werden, ist also nichts Anderes, als der Ausdruck der Differenz der Stromstärke des rechten und linken Armes.

Bei dieser Gelegenheit muss zur richtigen Deutung der über Nerven- und Muskelströme angeführten Beobachtungen noch bemerkt werden, dass der im Multiplicatorkreise circulirende Strom, oder vielmehr die Grösse des Ausschlagswinkels der Nadel durchaus keinen Schluss auf die im Nerven oder Muskel vorhandene Summe von elektromotorischen Kräften zulässt, indem diese Gebilde in Anbetracht ihrer elektromotorischen Thätigkeit stets als im Zustande der geschlossenen Kette befindlich, und die im Multiplicator beobachteten Ströme als durch Nebenschliessung erhaltene oder abgeleitete zu betrachten sind. Es versteht sich daher von selbst, dass die Grösse der Nadelablenkung nicht maassgebend sein kann für die elektromotorischen Kräfte des Körpers überhaupt.

Wir haben bis jetzt nur die elektromotorische Eigenschaft der Muskeln und Nerven kennen gelernt; es besitzen dieselbe aber auch noch andere Organe, und unter diesen vor Allem die Nervencentren, das Gehirn und Rückenmark. Die von diesen Organen abgeleiteten Ströme unterliegen gleichfalls den vorerwähnten Gesetzen, so dass sich jeder künstlich angelegte Querschnitt des Gehirns oder Rückenmarks negativ verhält gegen die positive Oberfläche der Gehirn- oder Rückenmarksaxe.

Schultz-Schultzenstein hat eine Reihe von Versuchen über Elektricitätsentwickelung auch an anderen, theils normalen, theils krankhaften thierischen Gebilden angestellt, deren Ergebnisse er in einem Vortrage der Hufelandischen Gesellschaft in Berlin im September 1851 mittheilte. (Froriep's Tagesb. Nr. 410. 420.) Er bediente sich hiezu eines mit astatischer Nadel versehenen Multiplicators von 2000 Windungen, dessen Drahtenden mit Kupferplatten verbunden waren, um eine grössere Berührungsfläche mit den zu prüfenden Theilen zu erhalten. Zu Versuchsobjecten wählte er: frisches und faulendes Muskelfleisch von verschiedenen Thieren und vom Menschen, gekochtes und gesalzenes Fleisch, Gehirn- und Nervenmasse, Zellgewebs-Sehnen- und Knochen-Substanz, Excremente

verschiedener Thiere u. s. w.; von krankhaften Gebilden: Geschwürsoberflächen, Nasen- und Lungenauswurf, den Harn in verschiedenen Krankheiten, entzündete und schwitzende Hautflächen. Alle diese Theile gaben elektrische Ströme und mehr oder minder beträchtliche Ablenkung der Multiplicatornadel, und zwar war die Ablenkung um so bedeutender, je weiter der Zersetzungsprocess in den zu untersuchenden Gebilden fortgeschritten war, weniger beträchtlich im normalen Zustande, und am geringsten bei krankhaft erhöhter Lebenserregung, wobei die Elektricitätsentwickelung mit der Höhe der Erregung in gleichem Verhältnisse stehen soll. Als Beweis hiefür dienen entzündete Hautflächen in Rose, bei leichten Verbrennungen, Exanthemen u. s. w., welche die Nadel nicht zum Abweichen bringen. Aus diesen Beobachtungen, die Schultz in derselben Weise fortzusetzen verspricht, glaubt derselbe den Schluss ziehen zu müssen, dass die thierische Elektricität nichts Anderes sei, als eine Wirkung chemischer Thätigkeiten in absterbenden und abgestorbenen thierischen Gebilden.

Diese in aller Kürze geschilderten Beobachtungen werden genügen, dem aufmerksam prüfenden Leser klar zu machen, um was sich's hier handelt, dass die Versuche von Schultz mit denen von Du Boi nichts gemein haben, am allerwenigsten aber dazu geeignet sind, die Resultate Du Boi's zu widerlegen. Der von Schultz beobachtete Mangel elektrischer Ströme an krankhaft erregten Theilen, wie an der entzündeten Hautfläche, möchte auf den ersten Blick glauben machen, die Wirkung negativer Stromesschwankung vor sich zu haben; in der That aber ist es nichts Anderes, als die Trockenheit der entzündeten Haut, welche bei der von Schultz eingeschlagenen Weise zu experimentiren, das Zustandekommen von Strömen im Multiplicator nothwendig verhindern musste. Wir wollen keineswegs in Abrede stellen, dass die mehr oder minder beträchtlichen Ablenkungen der Nadel, die Schultz beobachtete, das Resultat einer chemischen Thätigkeit sind; es kann hier, wie derselbe die Multiplicatorenden mit den Prüfungsobjecten in Berührung brachte, von anderen Strömen auch gar nicht die Rede sein, da diese durch die hiebei unvermeidliche chemische Einwirkung der Zersetzungsproducte auf die Kupferplatten in jedem Falle verdeckt werden mussten. Um aus

einer Reihe von Versuchen vergleichende Schlüsse ziehen zu können, ist es auch nothwendig, unter gleichen Bedingungen zu experimentiren, was bei den Versuchen von Schultz nicht der Fall ist; denn dass eine jauchige Geschwürsfläche oder eine schwitzende Haut auf die angelegten Kupferplatten anders wirken muss, als eine trockene Haut, bedarf keiner weiteren Begründung.

Es ist hier nicht unsere Aufgabe, die Frage zu erörtern, in welcher Beziehung die elektromotorischen Vorgänge des Thierkörpers, wie wir sie im Vorstehenden in kurzen Umrissen kennen gelernt haben, zu den physiologischen Effecten im lebenden Körper, zur Bewegung und Empfindung stehen. Alle hierüber ausgesprochenen Ansichten sind zur Zeit noch hypothetisch, und werden es wohl noch einige Zeit lang bleiben, da in dem Verfolgen dieses Vorganges vom Nerven nach den Centralorganen, dem Gehirn und Rückenmark ein schwer zu beseitigendes Hinderniss liegt. Es lässt sich derselbe jedoch in keiner anderen Weise besser erklären, als mit Zuhülfenahme der Gesetze des Muskel- und Nervenstromes, und liegt daher die Annahme auch sehr nahe, dass der Innervationsvorgang in der That nichts Anderes ist, als das Resultat elektrischer Wirkungen. Dies wird noch deutlicher zur Anschauung kommen, wenn wir im nächsten Abschnitte das Verhalten der Eigenströme des Körpers gegen von aussen auf sie einwirkende elektrische Ströme kennen lernen werden.

Literatur. — Galvani, L., De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius. Bologna 1791. — Derselbe, Dell' usu e del attivita dell' arco conduttore nelle contracione dé muscoli. Bologna 1794. — Aldini, J., De animali electricitate. Dissert. duae. Bologna 1794. — Galvani, L., Memorie sull' elettricita animale. Bologna 1797. — Creve, C. C., Beiträge zu Galvani's Versuchen über die Kräfte der thierischen Elektricität auf die Bewegung der Muskeln. Frankfurt u. Leipzig 1793. — Monro u. Fowler, Abhandlung über thierische Elektricität u. s. w. Leipzig 1795. — Pfaff, C., Ueber thierische Elektricität und Reizbarkeit. Leipzig 1795. — Valli, E., Lettera sull' elettricitá animale ad un suo amico. Pavia 1792. — Reil, Schreiben über die sogen. thierische Elektricität. Journ. d. Phys. Bd. VI, S. 402. — Kielmeier, Versuche über die sogen. thier. Elektricität. Journ. d. Phys. Bd. VIII, S. 65. — Ritter, J., Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprocess begleitet u. s. w. Weimar 1798. — Humboldt, A. v., Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser u. s. w. Berlin 1797. — Aldini, Essai théorique et expérimental sur le galvanisme. Bologne 1804. — Humboldt, A. v., Versuche über die elektr. Fische.

Erfurt 1806. — Ritter, J., Elektrische Versuche an der Mimosa pudica in Parallele mit gleichen Versuchen an Fröschen. Denkschr. der bair. Akad. München 1811. — Coudret, Récherches médico-physiologiques sur l'électricité animale. Paris 1837. — Matteucci, Le courant propre de nerfs et de sang. Paris 1838. — Derselbe, Essai sur les phénomènes électriques des animaux. Paris 1840. — Derselbe, Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux u. s. w. Paris 1844. — Puccinotti, F. et L., Experienze sull' existenza et le leggi delle correnti elettro-physiologiche negli animali à sangue caldo. Pisa 1839. — Matteucci, Ueber Erzeugung von Elektricität in den Muskeln im Augenblicke der Contraction. Froriep's Tagesber. 1851. Nr. 401, S. 303. — Sander, Bemerkungen über thierische Elektricität u. s. w. Hann. Corr. Bl. 1852. III, S. 11. — Du Boi Reymond, Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den Froschstrom u. s. w. Pogg. Ann. 1843, Januar. — Derselbe, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Berlin 1848 bis 1849. — Schultz-Schultzenstein, Neue Versuche über thier. Elektricität. Froriep's Tagesber. 1850. Nr. 410, S. 350. — Derselbe, Ueber thier. Elektricität in Krankheiten. l. eodem Nr. 420, p. 367. — Magendie, Becquerel, Desprez, Rayér et Pouillet, deren Bericht über Du Boi's Mittheilungen in Betreff der elektro-physiolog. Erscheinungen. Froriep's Tagesber. 1851. Nr. 266, 77 u. 78. — Müller, J., Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849 bis 1852. Bd. I, S. 768 bis 844. — Eckhard, C., Grundzüge der Physiologie des Nervensystemes. Giessen 1854. S. 38 bis 56. — Ludwig, C., Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Heidelberg 1852. Bd. I, S. 72 bis 94. Schultz-Schultzenstein, Ueber thierische Elektricität, ein Vortrag. Graevell's Notizen etc. Bd. IV, S. 4.

II.

Physiologischer Theil.

die Grösse ihrer Schwankungen innerhalb zweier auf einander folgender Zeittheilchen, und die Zuckung ist um so stärker, je grösser die Schwankung der Stromesdichtigkeit in der Zeiteinheit ist.

Aus diesem Gesetze ersehen wir, dass es zum Hervorrufen einer Muskelzuckung nicht so sehr auf die Stärke des Stromes ankommt, der den Nerven oder Muskel durchfliesst, sondern einerseits auf die Veränderung, die die Stromstärke in dem Nerven oder Muskel erfährt, andererseits auf die Zeit, innerhalb welcher diese Veränderung vor sich geht. Wenn wir z. B. einen elektrischen Strom von der Stärke x durch einen motorischen Nerven leiten, so sehen wir im Momente des Kettenschlusses in Folge der Stromdichtigkeitsschwankung von Null zu x Elektricität in den von dem Nerven versorgten Muskeln eine Zuckung entstehen. Diese wird sofort wieder verschwinden, da bei geschlossener Kette die Stromstärke nicht geändert wird, also ein sich gleichbleibender Strom von der Dichtigkeit x im Nerven thätig ist. Wird nun die Kette wieder geöffnet, so entsteht derselbe Unterschied in der Stromstärke, nur umgekehrt, sie fällt von x auf Null, also folglich neuerdings eine Zuckung, und so fort bei jedem Unterbrechen und Wiedererneuerung des Stromes. Die Zuckungen werden hier nun um so stärker sein, je grösser einerseits der Werth von x, also je stärker der Strom ist*), und je rascher das Entstehen und Verschwinden des Stromes bewerkstelligt wird.

Aus dem Du Boi'schen Gesetze geht aber ferner hervor, dass ein Oeffnen und Schliessen der Kette nicht absolut nothwendig ist, um eine Muskelzuckung zu erhalten, wofern wir in anderer Weise eine Aenderung in der Stromesdichtigkeit hervorrufen. Es können somit auch bei geschlossener Kette Zuckungen entstehen, indem entweder für plötzliche Verstär-

*) Es wird mit einiger Ueberlegung klar werden, dass, wo die Schwankungen der Stromdichtigkeit durch Schliessen und Oeffnen einer Kette hervorgebracht werden, die absolute Stromstärke immerhin als einer der beiden, die Stärke der Zuckung bedingenden Factoren angesehen werden muss, da hier die Schwankungen zwischen einer stets gleichbleibenden Dichtigkeit von Null und einer wandelbaren x stattfinden. Es ändert sich somit immer nur der Werth von x, und dieser ist daher auch maassgebend für die Grösse der Schwankung.

kung des Stromes Sorge getragen wird, oder indem man rasch einen zweiten Strom auf das schon von einem elektrischen Strome durchflossene Nervenstück einwirken lässt, nur darf hier jener Strom diesem gegenüber nicht zu schwach sein, indem sonst die lähmende Eigenschaft desselben, wie wir später sehen werden, das Auftreten von Zuckungen verhindert. In diesen beiden Fällen, wo wir auch bei geschlossener Kette Zuckungen entstehen sehen, werden dieselben in Folge der minder beträchtlichen Schwankung der Stromesdichtigkeit auch minder stark sein, als wenn wir sie durch Oeffnen und Schliessen der Kette erzeugen.

Eine scheinbare Ausnahme von dem Gesetze der elektrischen Reizung beobachten wir dann, wenn ein verhältnissmässig sehr starker Strom durch einen Muskel oder Nerven geleitet wird, wobei es geschehen kann, dass auch bei geschlossener Kette und gleicher Stromesdichtigkeit Zuckungen erfolgen. Diese Zuckungen sind aber nicht auf Rechnung einer elektrischen Reizung zu schieben, sondern müssen als die Folge der zerstörenden Wirkung des allzu starken Stromes auf einzelne Muskel- oder Nervenfasern angesehen werden, sind somit eigentlich das Resultat einer mechanischen Reizung.

Die Stärke der bei einem elektrischen Reizungsversuche zu gewärtigenden Muskelzuckung hängt ausser von den erwähnten Stromdichtigkeitsverhältnissen auch noch von folgenden Umständen ab:

a) von dem Grade der Erregbarkeit, in welchem der zu untersuchende Muskel oder Nerv zur Zeit des Versuches sich befindet, und in dieser Beziehung,

b) von der Richtung des Stromes, in welcher der Nerv durchflossen wird,

c) von der Länge der elektrisch erregten Strecke, und endlich

d) von der Grösse des Winkels, welchen die Elektroden mit der Längsaxe des Nerven bilden.

Ad *a* und *b*. Werden frisch präparirte Froschschenkel zu dem Versuche genommen, welche noch einen sehr hohen Grad von Erregbarkeit besitzen, so beobachtet man sowohl beim Schliessen als beim Oeffnen der Kette eine annäherungsweise gleich kräftige Zuckung, der Strom mag den Nerven oder

motorischen Vorgange des Nerven nach gleicher Richtung hin wirkt. Dass hiedurch eine Verstärkung, sowie im entgegengesetzten Falle eine Schwächung des physiologischen Effectes hervorgerufen wird, dies zu schliessen, widerspricht keiner in dem Gebiete der Nervenphysiologie beobachteten Erscheinung. Wir beobachten im Gegentheile Analoges bei dem elektrotonischen Zustande des Nerven, wo die beiden Stromesrichtungen ganz in derselben Weise wirken, und einmal eine Verstärkung, das andere Mal eine Abnahme des Nervenstromes hervorrufen. Dass wir bei einem frischen, noch sehr reizbaren Präparate bei jeder Stromesrichtung sowohl beim Schliessen als beim Oeffnen der Kette gleich starke Zuckungen in den Muskeln beobachten, ist gewiss nur scheinbar, da die Stärke der Zuckung eine graduelle Taschirung ihrer Grösse unmöglich macht. Wir haben ferner gesehen, dass bei sehr herabgestimmter Erregbarkeit, welche durch längeres Einwirken eines starken continuirlichen Stromes auf den Nerven herbeigeführt wird, eine Umkehr der zuerst erwähnten Erscheinung eintritt, indem beim Schliessen der Kette gar keine oder nur eine sehr schwache Zuckung, hingegen beim Oeffnen eine starke Zuckung erfolgt. Auch diese Beobachtung ist mit meiner Annahme vereinbar, wenn man bedenkt, dass der längere Zeit in der geschlossenen Kette verweilende Nerv in der Art abgeschwächt werden musste, dass er für den Reiz eines Schliessungsstromes, dem er kurz vorher lange ausgesetzt war, unempfindlich gemacht wird, und nur mehr auf Oeffnungsströme reagirt, welche als neuer Reiz in entgegengesetzter Richtung auf ihn einwirken. Das ist die Art und Weise, wie ich mir diesen interessanten und bis jetzt noch unerklärten Vorgang vorstelle, und wenn damit auch keineswegs eine bündige Erklärung desselben gegeben sein soll, so glaube ich doch annehmen zu können, dass der Vorgang, wie ich ihn hier schilderte, von der Wirklichkeit nicht allzufern liegen dürfte.

Ad *c*. Die Stärke der Zuckung nimmt bei gleichen Schwankungen der Stromesdichtigkeit auch mit der Länge der erregten Strecke zu, so dass mit der Entfernung der Elektroden auf dem mit den Muskeln in Verbindung stehenden Nervenstücke auch die Zuckung in jenen an Stärke zunimmt. Dieser Satz gilt jedoch in seiner Allgemeinheit nur für den Nerven,

nicht für den Muskel, welcher sich in dieser Beziehung, wie Remack an den Muskeln des Menschen nachgewiesen hat (Ueber methodische Elektrisirung gellähmter Muskeln. Berlin 1855), anders verhalten. Bei unmittelbarer Erregung der Muskeln durch den unterbrochenen Strom ist der Effect *ceteris paribus* um so stärker, je näher die Elektroden der reizenden Kette den Eintrittsstellen der Nervenzweigchen in den Muskel kommen, oder je mehr solche im Muskel sich verzweigenden Nervenfasern von dem Strome getroffen werden. Wir werden später bei Besprechung der localen Elektrisirung der Muskeln und der verschiedenen Methoden, dieselbe zu Stande zu bringen, noch ausführlicher hierauf zurückkommen.

Ad *d.* Was die Grösse des Winkels anlangt, den die Elektroden mit der Längsaxe des Nerven bilden, hat schon Galvani beobachtet, dass die Zuckungen schwächer ausfallen, ja nicht selten ganz ausbleiben, wenn die Elektroden in senkrechter Richtung zur Längsaxe des Nerven oder Muskels aufgesetzt werden, und an Stärke zunehmen, je mehr sich die Elektroden zur genannten Axe neigen.

Wir haben in dem Vorstehenden beobachtet, dass der Grad der Erregbarkeit eines Nerven oder Muskels von wesentlichem Einflusse ist auf die Grösse des bei elektrischer Reizung zu gewärtigenden Effectes. Wir wollen nun suchen die Bedingungen kennen zu lernen, unter welchen die Erregbarkeit der Nerven und Muskeln alterirt wird. Darunter beobachten wir zunächst solche, welche die Erregbarkeit dauernd herabsetzen, andere, welche sie vorübergehend herabsetzen, und endlich solche, welche sie vorübergehend erhöhen. Da aber unter diesen die Erregbarkeit alterirenden Einflüssen solche sind, die je nach der Art und Weise oder nach der Dauer der Einwirkung jene bald erhöhen, bald momentan oder bleibend vermindern, so wollen wir dieselben nicht nach der eben angedeuteten Eintheilung, sondern nach der Natur des einwirkenden Agens betrachten.

1. Da das Leben des Nerven durch seine Verbindung mit dem Rückenmark oder Gehirn erhalten wird, so wird eine Trennung desselben von seinem Centralorgane nothwendig auch ein Aufhören seiner Erregbarkeit zur Folge haben müssen. Die Erregbarkeit hört jedoch nicht sogleich nach der Durchschneidung des Nerven auf, sondern nimmt nur von da

an allmälig ab, erhält sich aber in vermindertem Grade noch mehrere Stunden, ja Tage lang, und erlischt erst mit der gänzlichen Veränderung, dem Austrocknen oder der Zersetzung des Nerven- und Muskelgewebes. Die Abnahme der Erregbarkeit zeigt sich zuerst und am deutlichsten an dem dem Nervencentrum zunächst gelegenen Nervenstücke, und nimmt von hier aus gegen die peripherische Verzweigung des Nerven zu allmälig ab, so dass zuletzt vor dem gänzlichen Erlöschen der Erregbarkeit nur mehr auf Reizung des Muskels Zuckungen erfolgen, während sie auf Reizung eines oberhalb gelegenen Nervenstückes fehlen. Diese Beobachtung wurde von den Vertheidigern der Haller'schen Muskelirritabilitätslehre dazu benutzt, die Richtigkeit ihrer Ansicht zu beweisen, während, wie wir gesehen haben, dadurch nichts Anderes bewiesen werden kann, als der Gang der Abnahme der Erregbarkeit. Dieser Zustand lässt sich, wie Claude Bernard gezeigt hat, dadurch künstlich herstellen, dass man einen Frosch mit Curaregift tödtet, wobei nach wenigen Minuten die Erregbarkeit der motorischen Nervenströme erlischt, während die Muskeln ihre Fähigkeit, auf einen direct auf sie ausgeübten Reiz durch eine Zuckung zu antworten, noch einige Stunden lang bewahren. Diese Thatsache scheint allerdings auf den ersten Blick dazu geeignet, der Haller'schen Lehre das Wort zu reden, und für eine vom motorischen Nerven unabhängige Muskelreizbarkeit zu sprechen. Doch ist andererseits zu erwägen, dass das Zustandekommen des Bernard'schen Experimentes wohl auch anderen Umständen zugeschrieben werden kann, denn es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei der raschen und specifischen Wirkung auf die Nerven in Folge sistirter Herzthätigkeit das Gift nicht bis zu den feinsten im Muskel verbreiteten Nervenästchen vordringen konnte, so dass auf diese Weise die Erregbarkeit der Nervenstämme bereits erloschen sein kann, während sie in den feineren Muskelzweigen noch längere Zeit fortbesteht. Abgesehen hievon, sind in der neuesten Zeit directe Beweise gegen die Annahme von der selbstständigen Irritabilität der Muskeln beigebracht worden, und ich erwähne in dieser Beziehung die zuerst von Remak an den Muskeln lebender Menschen gemachte Beobachtung (a. a. O.), dass die Elektroden eines Inductionsapparates eine weit vollständigere Verkür-

zung des Muskels verursachen, wenn sie am Rande desselben, an den Eintrittsstellen der Nerven in den Muskel, als wenn sie längs des Verlaufes der Muskelfasern angesetzt werden. Von einem zweiten, von Eckhard in diesem Sinne angestellten Versuche wird weiter unten die Rede sein, wo wir den Einfluss eines constanten galvanischen Stromes auf die Erregbarkeit der Nerven besprechen werden.

2. Von wesentlichem Einflusse auf die Nervenerregbarkeit ist die Temperatur. Sowohl allzu hohe als zu niedere Temperatur setzen dieselbe herab und heben sie nach längerer Einwirkung auf. Eckhard fand, dass die Nerven eines Frosches von mittlerer Erregbarkeit bei einer Temperatur von + 30° R. nach 12 bis 15 Secunden, bei 50 bis 60° augenblicklich ihre Erregungsfähigkeit verlieren; bei 0° R. erhält sich die Erregbarkeit noch etwa eine Minute, während sie bei — 3 bis — 5° R. momentan erlischt. Es versteht sich von selbst, dass für die Nerven warmblütiger Thiere und des Menschen in dieser Beziehung andere Grenzen für die Dauer ihrer Erregbarkeit bestehen, als beim Frosche. Genauere Untersuchungen und Nachweise fehlen zur Zeit noch. Dass jedoch die Erregbarkeit der Nerven und Muskeln des Menschen je nach ihrer Temperatur ebenfalls beträchtliche Veränderungen erleidet, wird gewiss jeder Arzt schon beobachtet haben, der sich mit der praktischen Anwendung der Elektricität beschäftigt. Während bei normaler Temperatur und bei richtig aufgesetzten Elektroden eines Inductionsapparates sehr leicht und mit verhältnissmässig schwachen Strömen eine Verkürzung des Muskels erhalten wird, bedürfen wir bei erkalteten Muskeln, um den gleichen Effect zu erzielen, eines zwei- bis dreimal stärkeren Stromes. Ob diese Erscheinung lediglich die Folge des durch das Sinken der Temperatur vergrösserten Leitungswiderstandes ist (siehe S. 6), oder eines besonderen im Nerven statthabenden Vorganges, wage ich nicht zu entscheiden. Leichter erklärt sich das Resultat der Einwirkung sehr hoher und sehr niederer Temperaturen, welches in einer Zersetzung und Zerstörung der Nervenfaser oder in einer Gerinnung des öligen Inhaltes des Nervenrohres besteht, wodurch, wie erwähnt, der Nerv völlig getödtet wird.

3. Hieran reihen sich chemische und mechanische

Einwirkungen, welche gleichfalls durch theilweises oder gänzliches Zerstören der Nervenmasse die Abnahme und das endliche Aufhören der Erregbarkeit des Nerven bedingen. Die Stärke der Abnahme der Erregbarkeit hängt natürlich von der Natur des chemischen Körpers und von der Tiefe des mechanischen Eingriffes ab. Es können hier nicht die verschiedenen chemischen Agentien in ihrer Wirkung auf den Nerven der Reihe nach aufgeführt werden, sondern es wird nur im Allgemeinen bemerkt, dass jede chemische Veränderung der Nervenmasse auch eine Abschwächung der Erregbarkeit des Nerven zur Folge hat, und der Grad der Abschwächung und die respective Schnelligkeit der Nerventödtung mit dem Grade der Umwandlung der Nervenmasse so ziemlich proportional ist.

4. Beobachtet man, dass gewisse molekulare Veränderungen der Nerven- und Muskelsubstanz, meist bedingt durch Abnormitäten der Ernährung, die natürliche Erregbarkeit der Nerven und Muskeln mehr oder minder alteriren. In allen diesen Fällen lässt sich die in der Substanz des Muskels oder Nerven stattgefundene Veränderung mit dem blossen Auge, oder mit Hülfe des Mikroskopes constatiren. Diese Veränderungen bestehen entweder in Schwund oder Erweichung, wobei die Muskeln ein livides Aussehen erhalten und schlaff und teigig sich anfühlen, und die Nerven statt der reinen weissen Farbe ein mehr schmutzig graues Aussehen erhalten. Oder man beobachtet ein theilweises oder gänzliches Umwandeln der Muskelfaser in eine fettige oder fibröse Masse, welcher Zustand meistens mit Verschwinden der Querstreifen der Muskelfasern beginnt, und nur allmälig in eine der genannten Degenerationen übergeht. Hieher gehören also alle krankhaften Ernährungsstörungen der Muskeln oder Nerven, sie mögen nun ohne merkliche Beeinträchtigung ihrer Functionen auftreten, oder direct im Muskel oder Nerven als Lähmung sich kund geben. Der Grad der Veränderung der Muskel- oder Nervensubstanz bedingt hier den Grad der Abnahme der Erregbarkeit, und es versteht sich daher in dieser Beziehung von selbst, dass ein völlig degenerirter Muskel, der eigentlich nicht mehr Muskel, sondern eine fremde Masse geworden ist, wie es bei der progressiven Muskelatrophie mit fettiger Entartung der Fall ist, auch keiner Erregung mehr fähig ist.

5. Wird auf einen Nervenstamm längere Zeit ein leichter Druck ausgeübt, so beobachtet man, dass die betreffenden Muskeln die Fähigkeit der willkürlichen Bewegung vorübergehend verloren haben, und dass auch ihre Erregbarkeit in Etwas abgenommen hat. Dass diese Erscheinung wirklich die Folge einer directen Wirkung auf den Nerven, und nicht etwa, wie Einige annehmen, secundär durch den unterbrochenen Kreislauf veranlasst wird, beweisen öfters beobachtete pathologische Fälle, wo ein mehrere Stunden anhaltender Druck auf einen Nerven, wie bei Schlafen mit auf den Arm gelegtem Kopfe, wobei je nach Umständen ein Druck auf den *N. medianus* oder *radialis* stattfindet, eine bleibende Lähmung mit nachfolgender Atrophie der Muskeln veranlasste. Es ist hier nicht wohl denkbar, dass eine blosse Behinderung des Kreislaufes durch den ein paar Stunden ausgeübten Druck diese Zustände hervorrufen konnte, sondern vielmehr nach diesen Beobachtungen die Annahme gerechtfertigt, dass ein anhaltender Druck auf den Nerven die unmittelbare Veranlassung zur Lähmung und zur Herabsetzung der Erregbarkeit desselben sein kann.

6. Einen sehr bedeutenden und auf experimentellem Wege jederzeit nachweisbaren Einfluss auf die Erregbarkeit des motorischen Nerven und dessen Muskeln übt der elektrische Strom. In den allermeisten Fällen wird die Erregbarkeit durch längere Einwirkung desselben vorübergehend, oder bei vom Stamme getrennten Präparaten bleibend herabgesetzt, doch kann, wie sogleich gezeigt werden wird, die Erregbarkeit durch denselben Einfluss unter gewissen Umständen auch eine momentane Erhöhung erleiden. Wird ein Nerv oder Muskel in den Kreis einer Kette eingeschaltet und längere Zeit der Einwirkung des galvanischen Stromes ausgesetzt, so beobachtet man nach Entfernung der Elektroden, dass das Präparat einen Theil seiner Erregbarkeit eingebüsst hat, indem ein nun auf ihn einwirkender Reiz eine schwächere Wirkung, resp. Zuckung veranlasst als zuvor, oder dass nach Umständen die Zuckung gänzlich ausbleibt. Der Grad der Abnahme der Erregbarkeit hängt von der Dauer der elektrischen Einwirkung und von der Intensität derselben ab. Je länger der Nerv oder Muskel in der Kette verweilte, oder je stärker der Strom war, um so beträchtlicher wird unter sonst gleichen Umständen die

Schwächung seiner Erregbarkeit sein. Auch hier ist jedoch nicht die absolute Stromstärke gemeint, sondern die Intensität seiner physiologischen Wirkung, und diese hängt, wie wir wissen, von der Grösse der Stromesschwankungen ab, und von der Zeit, innerhalb welcher dieselben zu Stande kommen. Es wird daher ein intermittirender Strom die Erregbarkeit viel rascher herabstimmen und aufheben, als ein continuirlicher. Brown Séquard (Gaz. méd. de Paris 1849, p. 881 et 999) stellte in dieser Beziehung Versuche an Kaninchen an, und fand, dass an der einen hinteren Extremität, welche er vor dem Tödten des Thieres der Einwirkung eines kräftigen Inductionsstromes aussetzte, schon nach $2^1/_2$ Stunden Todtenstarre eingetreten war, während die andere noch vollkommen beweglich blieb. Jene ging auch viel rascher in Fäulniss über, während diese ihre Reizbarkeit noch längere Zeit erhielt.

In Betreff der die Erregbarkeit herabstimmenden Wirkung des continuirlichen Stromes hat Eckhard eine grosse Reihe Versuche angestellt, die zu äusserst interessanten Resultaten führten, und die in Kürze hier besprochen werden sollen. Eckhard machte zuerst die Beobachtung, dass ein durch einen Nerven geleiteter galvanischer Strom unter gewissen Bedingungen eine in Folge eines Reizes zu gewärtigende Muskelzuckung zu verhindern im Stande ist*). Leitet man nämlich durch irgend eine Strecke eines motorischen Nerven einen kräftigen constanten Strom, etwa aus drei bis vier Daniell'schen Elementen, und übt dann, während die Kette geschlossen ist, auf den Nerven einen Reiz aus, gleichviel ob auf mechanischem oder chemischem Wege oder vermittelst eines unterbrochenen Stromes, welcher jedoch nicht stärker sein darf als der der hemmenden Kette, so erfolgt auf alle diese Reize keine Zuckung, sie stellt sich aber sofort mit dem Oeffnen der hemmenden Kette wieder ein, um mit ihrem Schlusse neuerdings zu verschwinden. Es bleibt also der Nerv so lange unerregbar, als er von einem constanten Strome durchflossen wird, mit dem

*) Eckhard, Der galvanische Strom als Hinderniss der Muskelzuckung. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge. Bd. III, S. 198, und dessen Grundzüge der Physiologie des Nervensystems. Giessen 1854, S. 86.

Oeffnen der hemmenden Kette erhält er jedoch seine frühere Erregbarkeit wieder.

Ueber den Einfluss der Stromesrichtung der hemmenden Kette auf ihre lähmende Wirkung hat Eckhard in der neuesten Zeit eine Reihe interessanter Versuche angestellt, die das Resultat seiner früheren Versuche theilweise modificiren und zu der Entdeckung Veranlassung gaben, dass ein constanter einen Nerven durchfliessender Strom nach Umständen dessen Erregbarkeit auch zu erhöhen vermag*). Er untersuchte zu diesem Behufe die Reizbarkeit des Nerven während der geschlossenen Kette an verschiedenen Stellen desselben, indem er einmal zwischen den Elektroden, also auf der von dem constanten Strome durchflossenen Strecke selbst, dann oberhalb und dann unterhalb dieser den Reiz applicirte. Im ersten Falle bediente er sich eines constanten Stromes von zwei bis drei Daniell'schen Elementen und erhielt auf einen zwischen den Elektroden der Kette ausgeübten Reiz keine Zuckung, so lange die Kette geschlossen blieb, der Strom mag nun in ab- oder aufsteigender Richtung den Nerven durchflossen haben; doch soll die aufsteigende Richtung einem stärkeren Reize zu widerstehen im Stande sein, somit in dieser Beziehung wirksamer sein als die entgegengesetzte. Reizt man nun oberhalb der durchflossenen Strecke in irgend einer Weise, so findet man hier ebenfalls die Erregbarkeit herabgesetzt, die Zuckungen werden schwächer und fehlen schon bei einem Strome von von zwei bis drei der genannten Elemente gänzlich. Die Richtung des Stromes anlangend, tritt die lähmende Wirkung stets bei aufsteigendem Strome stärker hervor, und reizt man auf elektrischem Wege, durch die Schwankungen eines Stromes, so ist die günstigste Anordnung die, dass auch dieser Strom in aufsteigender Richtung verläuft. Wird unterhalb der hemmenden Kette gereizt, so tritt eine viel auffallendere Aenderung im Verhalten des Nerven gegen den constanten Strom ein, indem sich nun nur mehr die aufsteigende Richtung des Stromes als lähmend erweist, während der absteigende Strom einen Zu-

*) Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen 1855, II. Abhandl. Ueber den Einfluss des constanten galvanischen Stromes auf die Erregbarkeit des motorischen Nerven. S. 25 bis 54.

stand grösserer Erregbarkeit herstellt, und bei Reizung mit Kochsalz der hierdurch verursachte Tetanus sogleich stärker hervortritt, wenn man einen absteigenden constanten Strom oberhalb des Reizes auf den Nerven einwirken lässt. Da aber, bemerkt Eckhard (l. c. S. 45), nach den bisher bekannten Thatsachen der Nervenphysik kein Unterschied in der Anordnung der Nervenmolekeln nach ihrer Richtung im Nerven sich kund giebt, da ferner die Erscheinungen des durch den aufsteigenden Strom hervorgerufenen Lähmungszustandes nicht mit Nothwendigkeit verlangen, dass dieser auf der ganzen Länge des Nerven ausgebildet sei, sondern die Annahme zulassen, dass er ebenfalls an der negativen Elektrode eine Grenze finde, und darüber hinaus den Nervenmolekeln eine grössere Beweglichkeit ertheile: so ist folgende theilweise hypothetische Annahme gerechtfertigt: Jeder constante den motorischen Nerven durchfliessende Strom stellt auf der durchflossenen und über die positive Elektrode hinausgelegenen Strecke **Verminderung**, dagegen auf der jenseits der negativen Elektrode befindlichen **Erhöhung** der Erregbarkeit her. Diesem Satze kann noch die Bemerkung zugefügt werden, dass der im Nerven aufsteigende Strom eine grössere lähmende Kraft besitzt, als der absteigende, obwohl dieselbe nicht mit Gewissheit als eine die Nervensubstanz charakterisirende anzusehen ist.

Diese von Eckhard gemachten Beobachtungen über die lähmende Wirkung eines constanten Stromes liefern den Seite 81 erwähnten Beweis von der Unhaltbarkeit der Annahme einer selbstständigen Muskelreizbarkeit. Leitet man durch einen lebenskräftigen Nerven, der noch seine volle Erregbarkeit besitzt, und eben mit seinem Muskel vom Stamme getrennt wurde, einen constanten Strom in der Art, dass in der angegebenen Weise der Nerv in den Zustand vollkommener Lähmung versetzt wird, so wird bei Reizung des Muskels dieser vollkommen in Ruhe bleiben. Entfernt man die Kette, so treten die Zuckungen auf Reizung des Nerven oder Muskels wieder ein. Diese Beobachtung ist ein directer Beweis, dass der Lähmungszustand des Muskels nicht dem Muskel selbst angehört, also nicht als ein veränderter Molekularzustand der Mus-

kelsubstanz zu betrachten ist, sondern eine Folge des gelähmten Nerven ist. Ebenso muss daher die nach dem Entfernen der hemmenden Kette auf Reizung des Muskels nun erfolgte Zuckung eine Folge des erregten Nerven sein, und ausschliesslich diesem angehören.

Früher schon, obwohl auf anderem Wege, beobachtete Matteucci die lähmende Eigenschaft eines constanten galvanischen Stromes. Er tetanisirte nämlich Frösche mit Strychnin, und setzte sie dann der Einwirkung eines constanten galvanischen Stromes aus, worauf sehr bald der Tetanus verschwand und nicht mehr wiederkehrte, so dass die Frösche ohne die Strychninvergiftung begleitenden Convulsionen starben.

In wieweit diese von Matteucci und Eckhard gemachten Erfahrungen in der praktischen Medicin zu verwerthen sind, etwa zur Hebung eines in Folge traumatischer Einflüsse entstandenen Tetanus, lässt sich wohl zur Zeit nicht mit Sicherheit bestimmen. Dass dieses Verfahren bei der Therapie der genannten Tetanusform wenigstens palliativen Nutzen gewähren würde, ist kaum zu bezweifeln, wenn erst die Art und Weise gefunden sein wird, bei einem tetanisirten menschlichen Körper den galvanischen Strom zu diesem Zwecke wirksam zu appliciren. Ein bis jetzt noch nicht beseitigter Uebelstand bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens ist der, dass, wie auch Eckhard zugiebt, die bessere Leitungsfähigkeit der Muskeln einerseits und die geringere Leitungsfähigkeit der die Centralorgane einschliessenden Knochen andererseits dem Ueberführen eines hinlänglich starken Stromes, um dem vorhandenen Reize das Gleichgewicht zu halten, hindernd im Wege ist. Leichter gelingt dies, wie wir sogleich sehen werden, wenn der Sitz des Leidens in dem Verlauf der Nerven selbst liegt.

Remak hat über die lähmende Wirkung des constanten galvanischen Stromes auf motorische Nerven Versuche am lebenden Menschen angestellt (l. c. Anhang, Ueber Galvanisirung motorischer Nerven), und ist zu folgenden Resultaten gelangt. Er leitete den constanten Strom von 20 bis 30 Daniell'schen Elementen durch den Vorderarmtheil des *N. medianus*, worauf eine tonische Verkürzung der Extensoren der Hand erfolgte, ohne den Willenseinfluss auf die Flexoren der

Hand aufgehoben zu haben. Bei Galvanisiren des *N. radialis* trat die Gegenwirkung im Gebiete des *N. medianus* und *N. cubitalis* hervor. Sogar zwischen den beiden letztgenannten lassen sich ähnliche Erscheinungen hervorrufen. Remak verspricht sich von diesem Verfahren, und gewiss mit Recht, Erfolg zur Heilung von Krämpfen und Contracturen, um die tonische Verkürzung der Antagonisten zu beseitigen. Was die Neuralgien anbelangt, die er ebenfalls hieher zählen zu müssen glaubt, liegt das erhebliche Bedenken vor, dass der sensitive Nerv nicht nur für Schwankungen der Stromesdichtigkeit empfänglich ist, sondern auch die constante Höhe derselben mit einer Empfindung beantwortet. Wir besitzen auch zur Bekämpfung von Neuralgien in dem Inductionsstrome ein vorzügliches Mittel, wenn derselbe zum Zwecke eines kräftigen Hautreizes an der entsprechenden Stelle applicirt wird.

Aus dem bisher Erwähnten geht hervor, dass zur Erhaltung einer Muskelzuckung oder einer Verkürzung des Muskels stets die Anwendung eines unterbrochenen Stromes erforderlich, ist und dass in dieser Beziehung die Stärke der Wirkung eines Stromes von den Schwankungen seiner Dichtigkeitsverhältnisse abhängt. Da diese Verhältnisse dem inducirten Strome in viel höherem Grade eigen sind, als dem unterbrochenen galvanischen Strome, indem er bei sehr raschem Wechsel eine sehr beträchtliche Dichtigkeit besitzt, so wird er sich daher auch zur Muskelcontraction ganz besonders eignen und in der praktischen Medicin zu diesem Behufe nunmehr ausschliesslich benutzt. Wenn wir die beiden Ströme, den inducirten und den unterbrochenen galvanischen Strom in dieser Beziehung vergleichen, so finden wir, dass wir einer Combination von wenigstens 40 bis 50 Elementen bedürfen, um die Wirkung eines schwachen Inductionsstromes zu erreichen. Im Uebrigen gilt Alles, was von der Wirkung des unterbrochenen Stromes auf die motorischen Nerven und deren Muskeln gesagt wurde, auch von dem inducirten Strome, nur muss man sich stets erinnern, dass derselbe eine verhältnissmässig viel stärkere Wirkung äussert als jener. Wenn man einen motorischen Nerven oder Muskel mit den Elektroden eines Inductionsapparates in Berührung bringt, so wird der betreffende Muskel oder die Muskelgruppe in Zuckungen verfallen und so lange in diesem Zu-

stande verweilen, als die Berührung währt. Ist der Strom hinlänglich stark und folgen die einzelnen Ströme sehr rasch hinter einander, so wird der Muskel, so weit es seine Anheftungsstellen erlauben, verkürzt. Die Stärke der Zuckung oder Verkürzung des Muskels hängt, abgesehen von dem Grade seiner Erregbarkeit und den bei den Gesetzen der elektrischen Reizung angegebenen Modificationen, von der absoluten Stärke des Inductionsstromes ab, da derselbe stets nur aus einer Reihe von einzelnen unterbrochenen Strömen besteht, und somit beständige Schwankungen der Stromesdichtigkeit stattfinden, wie sie an und für sich in der Natur inducirter Ströme begründet sind.

b) Das Verhalten der sensitiven Nerven gegen elektrische Ströme.

Die in dem vorhergehenden Capitel erwähnten Erscheinungen bei Nervenreizung durch elektrische Ströme gehören in ihrer Allgemeinheit nur den motorischen Nerven an, und den unter ihrem Einflusse stehenden Muskeln. Wenn wir nun auch in mancher Beziehung denselben bei der elektrischen Reizung sensitiver Nerven wieder begegnen, so unterliegen diese doch in dieser Beziehung mancherlei Abweichungen, die Anhaltspunkte zu besonderen Gesetzen für dieselben geben.

Während wir bei der Erregung motorischer Nerven eine ihrer Function entsprechende Wirkung, eine Zuckung nur beim Schliessen und Oeffnen einer Kette, nicht aber während des Schlusses derselben beobachten, so treten bei den sensitiven Nerven in so fern andere Verhältnisse ein, als hier auch bei geschlossener Kette eine deutliche, wenn auch in vermindertem Grade wahrnehmbare Wirkung, eine Empfindung statthat. Duchenne (l. c. S. 9) spricht ebenfalls von einer dreifachen Wirkung des elektrischen Stromes auf die sensitiven Nerven, die am stärksten beim Oeffnen sich zeigt, sehr schwach beim Schliessen ist, und bei geschlossener Kette mit der Dauer der Einwirkung des Stromes an Stärke zunimmt, und im Allgemeinen in der Wirkung zwischen dem Eintritte und Austritte des Stromes die Mitte hält. Der sensitive Nerv ist also nicht indifferent für Schwankung der Stromesdichtigkeit, sondern un-

terliegt mit Ausnahme der eben erwähnten Modificationen in dieser Hinsicht denselben Gesetzen, wie die motorischen Nerven, und die Empfindung nimmt ebenfalls mit der Zunahme der Grösse der Schwankungen an Stärke zu. Es wird daher ein unterbrochener Strom auf die sensitiven Nerven intensiver wirken, als ein continuirlicher, und zwar wird die Empfindung um so stärker sein, je rascher die Unterbrechungen des Stromes auf einander folgen. Die Schnelligkeit der Unterbrechungen in diesem Sinne ist jedoch nicht zu verwechseln mit der in dem Du Boi'schen Gesetze für elektrische Nervenreizung erwähnten Dauer, innerhalb welcher die einzelnen Schwankungen der Stromesdichtigkeit erfolgen, und welche immerhin die Stärke der Empfindung mitbedingt. Ausserdem handelt es sich hier aber noch um die absolute Schnelligkeit in der Folge der einzelnen erregenden Momente, oder vielmehr um die Anzahl der Unterbrechungen die in einer bestimmten Zeit erfolgen, was für die Grösse der Erregung des motorischen Nerven nicht von Belang ist.

So verschieden nun auch das Verhalten des sensitiven Nerven dem motorischen gegenüber in dieser Beziehung ist, so lässt sich doch auch wieder eine gewisse Aehnlichkeit zwischen beiden nicht verkennen. Obwohl die Schnelligkeit der Unterbrechungen eines galvanischen Stromes oder die des Aufeinanderfolgens von inducirten Strömen auf die Stärke der Erregung eines motorischen Nerven an und für sich keinen Einfluss ausübt, so bedürfen wir doch zur vollkommenen Contraction eines Muskels einer Reihe sehr rasch sich folgender Ströme, indem bei grösseren Intervallen jede vorhergehende einzelne Zuckung schon wieder ausgeglichen, also ihre Wirkung auf den Muskel bereits vorüber, als die nächstfolgende eintritt, wodurch natürlich nur eine fortwährende zuckende Bewegung, aber keine bleibende Verkürzung des Muskels erzielt wird. In ganz ähnlicher Weise erklärt sich die verstärkende Wirkung rascher Ströme auf die sensitiven Nerven, denen bekanntlich die Eigenthümlichkeit zukommt, empfangene Eindrücke noch eine Zeit lang nachzufühlen. Es wird daher, wenn die Ströme rasch auf den Nerven einwirken, die durch jeden vorhergehenden Strom veranlasste Erregung des Nerven noch nicht vorüber sein, als schon die Wirkung des

nächst folgenden beginnt, und daher nothwendig auch eine potenzirte Wirkung, eine gesteigerte Empfindung statthaben. Die Eigenschaft der Nachempfindung sensitiver Nerven können wir somit als die Ursache betrachten, warum Ströme mit rascher Unterbrechungsgeschwindigkeit den sensitiven Nerven intensiver erregen, als solche, wo die einzelnen Ströme in grösseren Pausen auf einander folgen. Bei den motorischen Nerven ist die stärkere Wirkung in dieser Beziehung auf den Muskel keiner physiologischen Ursache zuzuschreiben, sondern einer rein mechanischen.

Auch die Richtung des Stromes soll bei Reizung sensitiver Nerven von Belang sein, worauf zuerst Marianini aufmerksam machte. Die hieher gehörigen Erscheinungen sind unter dem Namen der Marianini'schen Wechselverhältnisse bekannt. Dieser Physiker fand nämlich, dass bei absteigendem Strome nur durch das Oeffnen der Kette eine Wirkung auf die sensitiven Nerven stattfinde, und so umgekehrt bei aufsteigendem Strome, so dass bei absteigendem Strome bei Schliessung der Kette die Zuckung und beim Oeffnen der Schmerz, während bei aufsteigendem Strome dieser beim Schliessen, und beim Oeffnen die Zuckung erfolge. Wenn wir uns des S. 76 erwähnten Einflusses der Erregbarkeit auf die Grösse des Erfolges der elektrischen Reizung motorischer Nerven erinnern, so gewahren wir auf den ersten Blick, dass die Marianini'schen Verhältnisse nur bei mittlerer Erregbarkeit eintreten. Nur wirkt der elektrische Strom auf die sensitiven Nerven im umgekehrten Sinne, wie auf die motorischen, so dass an derselben Stelle, wo dort die Zuckung schwächer wird oder ganz ausbleibt, der sensitive Nerv vorherrschend erregt wird, während der zu Gunsten der Zuckung stärker wirkende Strom den sensitiven Nerven unerregt lässt. Wenn wir nun ferner festhalten, was an derselben Stelle von der Verschiedenheit der Stromesrichtung beim Schliessen und Oeffnen der Kette bemerkt wurde, so können wir daraus die Schlussfolgerung ziehen, dass bei mittlerer oder normaler Erregbarkeit stets nur der aufsteigende Strom auf den sensitiven Nerven wirkt, während der motorische Nerv vorherrschend von dem entgegengesetzt laufenden Strome erregt wird. Da wir, um zu diesem

Schlusse zu gelangen, eine Erscheinung annahmen, welche, obgleich wahrscheinlich, doch nicht erwiesen ist, da ferner die Beobachtungen Marianini's einer Zeit angehören, in welcher die Untersuchung auf dem Gebiete der Nervenphysiologie nicht immer mit der zur Vermeidung von Täuschungen nothwendigen Genauigkeit angestellt wurden, so versteht sich von selbst, dass der soeben aufgestellte Satz auch nur als Hypothese anzusehen ist.

Ohne auf die Stromesrichtung Rücksicht zu nehmen, beobachtete schon Ritter, dass der negative Pol einer Volta'schen Säule eine stärkere Wirkung auf die Hautnerven ausübe als der positive. Auch bei Inductionsströmen, wenigstens bei dem primären Strome, habe ich die stärkere Empfindung stets an dem negativen Pole beobachtet. Es muss jedoch hier ein- für allemal bemerkt werden, dass zu solchen vergleichenden Untersuchungen immer möglichst gleiche Hautstellen gewählt werden müssen, um nicht ein falsches Resultat zu erhalten, da einmal die Epidermis nicht an allen Stellen von gleicher Beschaffenheit ist, was eine ungleiche Schwächung des Stromes zur Folge hätte — und andererseits auch die Reizbarkeit der Haut, resp. die Vertheilung der Hautnerven nicht überall dieselbe ist. Ferner ist zu beobachten, dass die Ansatzstellen der Elektroden beiderseits von gleicher Grösse und Beschaffenheit sein müssen, indem der Strom sonst an den beiden Stellen ungleiche Widerstände vorfindet, und die stärkere Wirkung immer dorthin fällt, wo der Strom durch eine kleinere Fläche in den Körper ein- oder austritt, da er hier eine grössere Dichtigkeit besitzt.

Wenn man die Elektroden eines Inductionsapparates auf die Oberfläche der Haut aufsetzt, so empfindet man je nach der Stärke der Einwirkung des Stromes ein mehr oder minder heftiges Brennen in jener, und zwar in Folge der Reizung der Hautnerven. Die Empfindung wird um so stärker sein, je intensiver oder dichter der Strom ist, je rascher die einzelnen Unterbrechungen erfolgen und je trockener die Haut ist. Die beiden erstgenannten Einflüsse auf die Stärke der Empfindung wurden bereits erwähnt; was die Trockenheit der Haut anbelangt, hat zuerst Duchenne auf die Erscheinung

aufmerksam gemacht, dass trockene metallische Conductoren, wenn sie nicht zu fest angedrückt werden, fast ausschliesslich nur die Hautnerven erregen, ohne auf die unter der Haut liegenden Organe einzuwirken, während Conductoren mit irgend einem feuchten Körper an ihrem Ende, einem feuchtem Schwamme, Leder etc. auf, mit contractilen Fasern versehene Organe, die Muskeln wirkten. Was Duchenne in dieser Beziehung von der Beschaffenheit der Conductoren abhängig macht, hängt mehr von dem Zustande ab, in welchem die Haut selbst sich befindet, ob sie trocken oder feucht ist. Es wurde in dem ersten Abschnitte bereits erwähnt, welch grossen Leitungswiderstand eine trockene Epidermis einem elektrischen Strome entgegensetzt, und wie derselbe viel grösser ist, als der irgend eines anderen thierischen Gebildes, mit alleiniger Ausnahme der ebenfalls sehr wasserarmen Haare und Nägel, und des Fettes. Gerade diese Beschaffenheit der Haut ist es, die den Durchgang des elektrischen Stromes zu den tiefer liegenden Gebilden erschwert und beziehungsweise gänzlich verhindert, und dessen Ausgleichung auf der Haut selbst veranlasst, während im anderen Falle, wenn die Haut befeuchtet ist, der Strom in Folge des nun verringerten Leitungswiderstandes und der ebenfalls besseren Leitungsfähigkeit der Muskeln, zu diesen überströmt und hier seine Ausgleichung findet. Ist die Haut mit Schweiss imprägnirt oder auf künstliche Weise befeuchtet, so genügt ein Ansetzen von trockenen metallischen Elektroden, um die darunter liegenden Muskeln in Contraction zu versetzen. Ist aber die Haut trocken, so muss dafür Sorge getragen werden, dass irgend ein feuchter Leiter die Berührung des Metalles mit der Oberhaut vermittelt, um dadurch der Haut Feuchtigkeit zuzuführen, und sie so für den elektrischen Strom durchgängiger zu machen.

Um die elektrische Erregung auf die sensitiven Nerven resp. die Haut möglichst zu beschränken, und ein Miterregen der darunter gelegenen Organe so viel als möglich zu vermeiden, ist es nothwendig, dass dieselbe trocken ist. Ferner dürfen die Elektroden sich nicht zu weit von einander entfernen, und drittens dürfen dieselben nicht allzufest angedrückt werden. Eine zu grosse Entfernung der Strom-

geber würde aus dem Grunde ein Uebertreten des Stromes auf die Muskeln zur Folge haben, weil bei der Eigenschaft elektrischer Ströme, neben dem Aufsuchen von guten Leitern auch auf dem kürzesten Wege ihre Bahn zu durchfliessen, dem Strome in diesem Falle kein anderer Weg bliebe, als durch die Muskeln nach der entgegengesetzten Elektrode. Aus demselben Grunde ist auch ein zu festes Andrücken der Elektroden zu vermeiden, indem bei der grossen Elasticität der Haut und des darunter befindlichen Zellgewebes oder Fettpolsters durch den Druck die Elektroden dem besser leitenden Muskel zu nahe gebracht werden, wodurch ebenfalls der Strom veranlasst würde, auf diesen überzutreten.

Es bleibt nun noch eine Erscheinung zu erwähnen, welche, wenn auch noch etwas zweifelhafter Natur, doch der dabei statthabenden Empfindung wegen, in das Gebiet der elektrischen Reizung sensitiver Nerven gehört. Wenn man einen Muskel eines lebenden Menschen mit Hülfe eines Inductionsstromes in den Contractionszustand versetzt, so macht sich während der Dauer der Contraction eine eigenthümliche, im Muskel localisirte Empfindung bemerkbar, welche unabhängig von einer etwa gleichzeitig stattfindenden Reizung der Hautnerven auftritt. Die Stärke dieser Empfindung ist, abgesehen von dem Grade der Erregbarkeit der Muskelnerven, abhängig von der Stärke der Contraction, also von der Intensität des Reizes, und von der Art des Ansetzens der Elektroden. Remak hat zuerst auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass das Elektrisiren der Muskeln von den Randpunkten aus, wo die motorischen Nervenästchen in die Muskelsubstanz eintreten, den Muskel am leichtesten und ohne Schmerzen zu verkürzen vermag, wobei sich nur ein dumpfes, zusammenziehendes Gefühl bemerkbar macht. „Durch was für Nerven“ — sagt Eckhard — „diese Empfindungen zu Stande kommen, darüber kann man verschiedener Ansicht sein; entweder stellt man sich vor, dass es besondere Empfindungsnerven seien, welche mit den Muskelnerven in die Muskelsubstanz eindringen, oder man denkt sich, dass letztere selbst die Vermittler jener Gefühle sind. Man wird die letztere Möglichkeit nicht mehr für absurd halten, sobald man die lebendige Ueberzeugung ge-

wonnen hat, dass jeder Nerv der Fortpflanzung seiner Erregungszustände nach beiden Richtungen hin fähig ist*)."

Die Erscheinungen, welche nach längerer Einwirkung eines constanten galvanischen Stromes auf die Hautnerven erfolgen, sind meist secundärer Natur, und die Folge einer mehr oder minder beträchtlichen Veränderung der Textur der Haut und der Nervensubstanz, und sind verschieden in ihrem Auftreten je nach der Stärke des Stromes und der Dauer der Einwirkung desselben. Dasselbe ist der Fall bei Strömen von sehr kräftigen Batterien, wo schon eine oberflächliche Berührung der Haut mit den Elektroden eine Zerstörung derselben und dadurch auch eine Wirkung auf die sensitiven Nerven zur Folge hat. Ausführlicheres hierüber wird bei der Einwirkung elektrischer Ströme auf die Haut erwähnt werden. In allen übrigen Erscheinungen, mit Ausnahme der hier speciell erwähnten Modificationen, stimmen die sensitiven Nerven mit den motorischen überein, und es ist daher der Zustand der Erregbarkeit von demselben Einflusse auf die Grösse des Reizungseffectes wie bei diesen; ebenso wird die Erregbarkeit sensitiver Nerven auf dieselbe Weise und durch dieselben Einflüsse alterirt, wie wir bei den motorischen Nerven beobachtet haben.

c) Die Sinnesnerven

zeigen in ihrem Verhalten gegen elektrische Ströme grosse Aehnlichkeit mit den vorhergehenden. Sie werden ebenso wie diese, sowohl durch den constanten als durch den unterbrochenen Strom erregt, jedoch viel stärker durch ersteren, welches in dieser Beziehung nahezu der einzige Unterschied von den sensitiven Nerven ist. Das verschiedene Verhalten derselben unter sich ist, wie sich von selbst versteht, durch die Verschiedenheit ihrer physiologischen Functionen bedingt.

Den Gesichtssinn betreffend, kann schon ein einfaches

---

*) Siehe Eckhard's Grundzüge der Physiologie des Nervensystems S. 113, wo er von dem Gefühle der Ermüdung und dem Muskelschmerze spricht, in welche Kategorie die Empfindung der elektrischen Muskelcontraction ebenfalls zu rechnen ist.

Volta'sches Element eine bemerkbare Wirkung auf die Retina ausüben, wie man beobachtet, wenn man die eine Platte mit irgend einer Stelle aus der Sphäre der Verbreitung des Trigeminus, z. B. dem Zahnfleische in Berührung bringt, während man die andere Platte an die Wölbung des oberen Augenliedes derselben Seite gelinde andrückt, oder indem man beide Platten auf die Augenlieder legt. Das betreffende Auge sieht dann im Momente des Kettenschlusses eine blitzähnliche Lichterscheinung, und während der ganzen Dauer des Geschlossenseins der Kette ein bläuliches Licht, wenn der positive Pol, ein orangefarbiges wenn der negative Pol sich am Auge befand. Die Erscheinung nimmt mit der Stärke des Stromes und mit der Dauer der Einwirkung analog den sensitiven Nerven an Stärke zu, und es kann in dieser Beziehung bei unvorsichtiger Anwendung, wie Duchenne (l. c. S. 21) einen Fall erzählt, selbst Lähmung der Retina erfolgen. Duchenne beobachtete diese Erscheinung an allen Theilen des Gesichts, und zwar um so stärker, je näher er die beiden Pole an die Mittellinie brachte, während dieselbe verschwand, wenn er beide Pole gerade auf die Mittellinie aufsetzte, an der Stelle, wo die Verzweigungen der beiden Trigemini sich begegnen.

Da die Sinnesnerven auch die Schwankungen der Stromesdichtigkeit beantworten, so ist die Retina auch für Inductionsströme empfindlich, doch bedarf es gegenüber dem schwachen aber constanten Strome eines Volta'schen Plattenpaares eines verhältnissmässig viel stärkeren Inductionsstromes, um den gleichen Effect zu erreichen. Wenn man die vorhin genannten Stellen mit den Elektroden des Apparates berührt, so gewahrt das Auge bei jeder neuen Unterbrechung des Stromes einen Lichtschein. Folgen die einzelnen Ströme sehr rasch auf einander, so fliessen die einzelnen Lichtblitze, wie sie jede Stromunterbrechung hervorbringt, gleichsam in eine constant bleibende Lichterscheinung zusammen. Ohne Zweifel nur in Folge der besonderen Eigenschaft der Retina, empfangene Reize nachzuempfinden, resp. Nachbilder zu erzeugen. Nach Duchenne sollen magneto-elektrische Inductionsströme eine stärkere Wirkung auf die Retina ausüben als volta-elektrische, und unter jenen soll wieder dem secundären Strome,

der, nebenbei gesagt, nur bei dem Duchenne'schen Rotationsapparate anzutreffen ist, diese Eigenschaft besonders zukommen. Auch zwischen dem primären und secundären Strome volta-elektrischer Apparate soll in Anbetracht der Stärke der Einwirkung auf die Retina ein Unterschied bestehen, und zwar zu Gunsten des letzteren. Ich habe die verschiedenen Ströme in dieser Beziehung verglichen und allerdings gefunden, dass magneto-elektrische Ströme bei annäherungsweise gleicher Stärke die Retina stärker erregen, als Ströme von volta-elektrischen Apparaten; feinere Unterschiede jedoch zwischen dem secundären und primären Strome, wie Duchenne sie wahrnahm, konnte ich nicht beobachten, und ich vermuthe daher, dass es von der jeweiligen Construction der Spiralen abhängt, um diese oder jene Wirkung mehr hervortreten zu sehen. Was den Unterschied zwischen volta- und magneto-elektrischen Strömen anlangt, so ist es immerhin möglich, dass die geringeren Schwankungen der Stromesdichte dieser die stärkere Wirkung auf die Retina verursachen.

Bei der elektrischen Reizung des Gehörorganes werden folgende Erscheinungen wahrgenommen. Bringt man die eine Elektrode einer schwachen galvanischen Batterie von 2 bis 3 Elementen in passender Weise mit dem Trommelfell in Berührung, was am leichtesten dadurch erreicht wird, dass man den äusseren Gehörgang mit Wasser füllt und die Elektrode in dasselbe eintaucht, während der andere Pol an irgend einer Stelle des Nackens angesetzt wird, so hört das betreffende Ohr ein lebhaftes Sausen, welches so lange anhält, als die Kette geschlossen bleibt, und am negativen Pole stärker hervortritt. Hiezu gesellt sich ein Gefühl von Druck im Ohre, wie wenn ein fester Körper in den Gehörgang hineingebohrt würde. Bedient man sich statt des constanten Stromes eines schwachen Inductionsstromes, so empfindet man neben einem schwachen dumpfen Sausen bei jeder Stromunterbrechung ein Gefühl von Erschütterung des Gehörorganes, begleitet von einem schwachen Stechen im Inneren des Ohres. Zu gleicher Zeit stellt sich, wenn die Ströme nicht zu schwach sind, ein unangenehmer metallischer Geschmack auf der Zunge ein, eine Folge der in Erregungszustand versetzten Chorda tympani. Ich wunderte mich, diese letzte Erscheinung, die ich bei Reizung

des Gehörorganes durch Inductionsströme jedesmal in ganz präciser Weise beobachtete, nirgends erwähnt zu finden, bis mir Duchenne's Buch zur Hand kam, wo Seite 809 hievon Erwähnung geschieht. Nichtsdestoweniger ist diese Beobachtung von physiologischem Interesse, indem sie den directen Beweis liefert, von der meines Wissens noch nicht bestimmt nachgewiesenen Function der Chorda tympani, zur Vermittelung des Geschmackes beizutragen.

Der Geschmackssinn kann direct durch den elektrischen Strom erregt werden, wie ein einfacher schon Sulzer bekannter Versuch beweist, mittelst einer kleinen, etwa thalergrossen Silberplatte, die durch einen Leitungsdraht mit einer ebenso grossen Zinkplatte verbunden ist. In Ermangelung eines Leitungsdrahtes genügt eine Berührung der beiden Platten. Bringt man nun die Zunge zwischen diese Platten in der Art, dass die Zinkplatte auf den Rücken der Zunge, die Silberplatte aber unter diese zu liegen kommt, so wird man unter jener einen sehr deutlich ausgesprochenen scharf-säuerlichen, unter dieser einen schwächeren alkalischen Geschmack wahrnehmen. Um diese Geschmacksalteration an beiden Polen deutlich hervortreten zu lassen, ist es in vielen Fällen nöthig, die Platten, besonders die Silberplatte, an die Zunge etwas anzudrücken, damit diese mit möglichst vielen Punkten der Platten in Berührung gebracht wird.

Schönbein's Untersuchungen zufolge (Ueber einige indirecte physiologische Wirkungen der atmosphärischen Elektricität. Froriep's Tagesberichte u. s. w. 1852, Nr. 463 und 471) soll der unter der Zinkplatte sich kundgebende saure Geschmack keine unmittelbare Wirkung der Elektricität auf den Geschmackssinn sein, sondern eine mittelbare, veranlasst durch die zersetzende Wirkung des elektrischen Stromes auf die atmosphärische Luft, wobei an dem positiven Pole ein Theil des Stickstoffs und Sauerstoffs derselben in Salpetersäure sich verwandelt. Wenn nun auch die Möglichkeit des Zustandekommens der genannten Geschmacksempfindung in der Weise, wie Schönbein annimmt, keineswegs bestritten werden kann, so sind hier doch namentlich zwei Umstände vorhanden, welche in diesem Falle die Annahme eines directen Reizes des elektrischen Stromes auf die den Geschmack vermittelnden

Nerven wahrscheinlicher machen. Einmal, bei der geringen Spannkraft des Stromes von einem Plattenpaare, der grosse Leitungswiderstand der atmosphärischen Luft einerseits, und der verhältnissmässig viel geringere des Zungengewebes andererseits; fürs Zweite die oben erwähnte ganz analoge Geschmacksempfindung bei Reizung des Gehörorganes resp. der Chorda tympani vermittelst des inducirten Stromes, wobei natürlich an eine chemische Wirkung nicht zu denken ist. Namentlich dieser letzte Umstand ist es, der die Wahrscheinlichkeit einer directen Wirkung auf die Geschmacksnerven bei Anstellung des besprochenen Versuches mittelst zweier Platten erhöht. Dass zur Erregung einer Geschmacksempfindung durch Inductionselektricität ein verhältnissmässig stärkerer Strom erforderlich ist, gleichviel, ob man die Elektroden direct mit der Zunge in Berührung bringt, oder durch Reizung der Chorda tympani auf den Geschmackssinn einwirkt, ist ein Umstand, der hier nicht in die Wagschale fällt, wenn man die besondere Eigenschaft der Sinnesnerven bedenkt, weit mehr durch einen constanten Strom, als durch dessen Schwankungen erregt zu werden.

Einen weniger deutlich wahrnehmbaren Eindruck macht der elektrische Strom auf das Geruchsorgan. Es soll nämlich bei Berührung der Elektroden mit der Nasenschleimhaut jene eigenthümliche Geruchsempfindung sich einstellen, die von dem von Schönbein entdeckten Ozon herrühren soll. Dass beim Einführen von Conductoren in die Nase ein Reiz zum Niesen entsteht, kann nicht als eine specifische Wirkung auf das Geruchsorgan angesehen werden, sondern ist nichts Anderes, als eine durch Reizung der sensitiven Nerven der Nasenschleimhaut ausgelöste Reflexbewegung. Gerade dieser Umstand macht das Anstellen dieser Versuche auch sehr beschwerlich, und mir ist es aus diesem Grunde auch nie gelungen, jene specificike Geruchsveränderung bestimmt wahrzunehmen.

Wenn wir nun die einzelnen Sinnesorgane in Betreff ihrer Reizbarkeit gegen den elektrischen Strom vergleichen, so finden wir, dass in dieser Beziehung die Retina obenansteht. Ihr zunächst folgt der Geschmackssinn, d. h. wenn auch die anatomische Lage der einzelnen Nerven berücksichtigt wird,

indem die Geschmacksnerven dem elektrischen Strome leichter zugänglich sind, dieselben oberflächlicher liegen, als dies beim Sehnerv des Auges und wohl auch beim Gehörnerven der Fall ist. Alle aber haben sie die Eigenschaft gemein, dass sie durch den constanten Strom vorherrschend erregt werden, jedoch auch gegen Stromesschwankungen, mithin gegen Inductionsströme nicht unempfindlich sind.

d) Erscheinungen bei elektrischer Reizung der Nervencentren des Rückenmarks und Gehirns.

Wir begegnen bei Reizung des Rückenmarks ähnlichen Erscheinungen, wie wir sie auch bei Reizung der motorischen Nerven beobachteten. Wird das Rückenmark an irgend einer Stelle durch einen unterbrochenen Strom gereizt, so verfallen sämmtliche Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten in Zuckungen, und wenn der Strom nicht zu schwach und die Unterbrechungen rasch auf einander folgen, in vollkommenen Tetanus. Es verhält sich also in dieser Beziehung das Rückenmark zu den genannten Muskeln anscheinend ebenso, wie jeder motorische Nerv zu dem unter seinem Einflusse stehenden Muskel oder der Muskelgruppe. Ich sage anscheinend, denn in der That ist doch ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen beiden Organen, wie wir sogleich sehen werden, der auf eine specifische Thätigkeit des Rückenmarks schliessen lässt. Die motorischen Nerven verhalten sich einem elektrischen Reize gegenüber als passive isolirte Leiter, d. h. die Durchschneidung des Nerven zwischen der gereizten Stelle und dem Muskel verhindert die Zuckung nicht, wenn nur die Schnittflächen in Berührung bleiben und die Leitung nicht unterbrochen ist. Anders ist es bei Durchschneidung des Rückenmarks, wobei nur diejenigen Muskeln in Zuckungen gerathen, deren Nerven mit dem gereizten Theile desselben noch in natürlichem Zusammenhange stehen. Dieses Experiment liefert den Beweis, dass das Rückenmark das gemeinschaftliche Centralorgan für sämmtliche Muskeln des Stammes und der Extremitäten ist, mit besonderen, höchst wahrscheinlich elektromotorischen Kräften begabt, von denen die verschiedenen Bewegungen der genannten Körpertheile abhängen. Ein zweiter, nicht minder wesentlicher Unterschied besteht darin, dass bei

der elektrischen Reizung des Rückenmarks nach Entfernung der Elektroden, also nach Aufhören des Reizes, die Muskelzuckungen noch eine Zeit lang fortdauern, während bei Reizung eines motorischen Nerven im Momente, in welchem die Einwirkung des Stromes aufhört, auch die Zuckungen verschwinden.

Das Gehirn verhält sich gegen elektrische Reize in vieler Beziehung analog dem Rückenmark, wenigstens derjenige Theil des Gehirns, von welchem die motorischen Nerven des Kopfes entspringen. Bei elektrischer Reizung der Hemisphären, die mit dem motorischen Apparate nichts gemein haben, treten gar keine Bewegungen in den Muskeln ein, wohl aber, wenn man die Vierhügel und das kleine Gehirn mit den Elektroden berührt. Die hiedurch erzeugten Bewegungen haben jedoch nicht den tetanischen Charakter, wie die bei Reizung des Rückenmarks, sondern erscheinen als unregelmässige Zuckungen, bald in Form von clonischen Krämpfen, bald nach Art der Reflexbewegungen mit sichtbar zweckmässiger Anordnung derselben. Je näher die gereizte Hirnstelle der Medulla oblongata liegt, um so mehr nähert sich die Art der Bewegungen der tetanischen Form, während bei Reizung der Medulla oblongata selbst dieselben tetanischen Zuckungen auftreten, wie bei Reizung des Rückenmarks.

Ed. Weber, dem wir diese Untersuchungen verdanken (R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie u. s. w. Bd. III, Abth. 2. Muskelbewegung), nimmt an, dass die bei Reizung des Rückenmarks und Gehirns auftretende Verschiedenheit in der Bewegung der Muskeln vielleicht zur Erklärung der verschiedenen Krampfformen beitragen könnte, und hält es sonach für wahrscheinlich, dass die tonischen Krämpfe, wie Trismus und Tetanus, als unmittelbare Folge einer Störung der Rückenmarksfunctionen zu betrachten sind, während die clonischen Krämpfe dagegen von Störungen der Functionen des Gehirns abhängen.

Inwieweit diese Schlussfolgerungen richtig sind, dafür finden wir allerdings auf dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft, weder in der Physiologie, noch in der Pathologie der Nerven vollgiltige Beweise. Im Allgemeinen kann wohl die Annahme nicht bestritten werden, was auch die Pathologie bestätigt, dass Verletzungen des Rückenmarks häufig

tonische Krämpfe verursachen, während Verletzung tiefer liegender Gehirntheile Krämpfe mit clonischem Charakter nach sich ziehen. Ob aber eines dieser Centralorgane ausschliesslich und ohne Mitwirkung des anderen diese oder jene Krampfform zu erzeugen vermag, das ist es, was mit Bestimmtheit zu entscheiden zur Zeit nicht möglich ist.

Wir haben in dem Vorhergehenden die Wirkung des unterbrochenen Stromes auf das Rückenmark kennen gelernt und gesehen, dass, wenn ein unterbrochener Strom auf irgend eine Stelle des Rückenmarks wirkt, sämmtliche Muskeln des Stromes und der Extremitäten in Zuckungen gerathen. Anders äussert sich in dieser Beziehung die Wirkung des constanten Stromes auf das Rückenmark, und zwar treten hier ähnliche Verhältnisse ein, wie sie Eckhard bei den motorischen Nerven beobachtete, indem der constante Strom auch auf das Rückenmark eine lähmende Wirkung ausübt. Bei der grossen Aehnlichkeit im Verhalten des Rückenmarks im Allgemeinen und gegen elektrische Reize insbesondere mit dem der motorischen Nerven war eine wesentliche Abweichung auch in dieser Hinsicht wohl nicht vorauszusehen. Da zur Zeit noch keine Beobachtungen hierüber vorliegen, so stellte ich einige Versuche über diesen Gegenstand an, um die Voraussetzung durch das Experiment zu bestätigen und die allenfalls sich ergebenden Abweichungen zu beobachten.

Ich machte den Versuch an Fröschen, durch deren blossgelegtes Rückenmark auf seiner ganzen Länge ein constanter Strom von zwei ziemlich grossen Bunsen'schen Elementen geleitet wurde. Zum Reizen diente mir der unterbrochene Strom eines kleinen Bunsen'schen Elementes, und abwechslungsweise ein schwacher Inductionsstrom. Nachdem die hemmende Kette geschlossen und die alle Muskeln ergriffene Schliessungszuckung vorüber war, wurde die von einem constanten Strome durchflossene Stelle des Rückenmarks auf die angegebene Weise gereizt, und die Resultate der Reizung abwechselnd bei offener und geschlossener Kette beobachtet. Wurde bei aufsteigendem Strome das Rückenmark gereizt, so waren die diesem Reize folgenden Zuckungen auffallend schwächer als vor dem Schlusse der Kette, und traten nach dem Oeffnen der Kette in ihrer ursprünglichen Stärke wieder

ein. Das Resultat blieb dasselbe, ob der reizende Strom abwärts oder aufwärts das Rückenmark durchfloss, ob es ein unterbrochener galvanischer Strom war oder ein schwacher Inductionsstrom. War der hemmende Strom ein abwärtsfliessender, so war dessen Einfluss auf die Zuckungen nur sehr schwach, d. h. die in Folge eines Reizes entstandenen Zuckungen waren ebenso stark, oder doch nur unmerklich schwächer, als vor dem Schliessen der hemmenden Kette.

Die vorstehenden Versuche geben Aufschluss über die Reizbarkeit des Rückenmarks auf der von einem constanten galvanischen Strom durchflossenen Strecke, und zeigten, dass das Rückenmark in dieser Beziehung sich ebenso verhält, wie ein motorischer Nerv. Beide Stromesrichtungen wirken lähmend auf die durchflossene Stelle, wobei dem aufsteigenden Strome diese Eigenschaft in höherem Grade zukommt als dem absteigenden. Es lag mir nun zunächst daran, zu prüfen, wie sich diejenigen Stellen des Rückenmarks gegen Reize verhalten, welche ober- und unterhalb der Elektroden gelegen sind, im Momente, wo ein constanter Strom sich an irgend einer Stelle durch das Rückenmark bewegt. Zu meiner Ueberraschung fand ich hier eine Abweichung von den Erscheinungen, wie sie Eckhard bei den motorischen Nerven beobachtete (l. c.). Ich stellte meine Versuche in der Art an, dass die Elektroden des constanten Stromes etwa auf der Mitte des Rückenmarks mit demselben in Berührung kamen, so dass zu beiden Seiten sowohl unterhalb als oberhalb derselben noch eine Stelle zur Application des Reizes frei blieb.

Bei aufsteigendem Strome, auf der durchflossenen Stelle beträchtliche Verminderung der Reizbarkeit des Rückenmarks, so zwar, dass ein auf diese Stelle einwirkender unterbrochener Strom bei hoher Erregbarkeit des Präparates nur mehr ein leises Fibriren einzelner Muskeln hervorbrachte, während er vorher, und ebenso nach dem Oeffnen der hemmenden Kette wieder vollkommenen Tetanus erzeugte. Bei etwas gesunkener Erregbarkeit des Präparates vermochte der unterbrochene Strom auf die von dem constanten Strome durchflossene Strecke einwirkend gar keine Zuckungen mehr hervorzubringen, während sich diese nach Beseitigung des hemmenden constanten Stromes in der früheren Weise wieder einstellten. Diese Ver-

minderung der Reizbarkeit war aber nicht nur auf die von dem constanten Strome durchflossene Stelle beschränkt, sondern erstreckte sich noch über dieselbe hinaus, und zwar sowohl über die positive, als auch über die negative Elektrode; doch war die Erregbarkeit des Rückenmarks ausserhalb der durchflossenen Stelle in niedererem Grade herabgesetzt, als auf dieser selbst. Wir haben also bis hieher noch die vollkommenste Analogie mit dem Verhalten der motorischen Nerven, und können für das Rückenmark denselben Satz aufstellen, wie ihn Eckhard für die motorischen Nerven aufstellte: „Wenn ein constanter Strom sich in dem Rückenmarke aufwärts bewegt, so ist die Erregbarkeit desselben gegen Reize, an welcher Stelle des Rückenmarks sie auch angebracht sein mögen, herabgesetzt," welchem Satze wir erfahrungsgemäss noch die Stelle beifügen, „dass auf der durchflossenen Strecke die Abnahme der Erregbarkeit sich am stärksten ausspricht."

Wurde oberhalb des hemmenden Stromes gereizt, so entstanden bei hoher Erregbarkeit des Präparates noch schwache Zuckungen in dem oberen Theil des Rumpfes und den oberen Extremitäten, alle tiefer gelegenen Muskeln aber, besonders die der unteren Extremitäten, blieben völlig ruhig; ein neuer Beweis für die geschwächte Erregbarkeit des unteren Rückenmarkstheiles. Die ganze unter der negativen Elektrode gelegene Partie des Rückenmarks war somit nicht nur für direct auf sie wirkende Reize unempfänglich, oder minder empfänglich, sondern sie war es auch in noch höherem Grade für Fortpflanzung der Erregung eines oberhalb einwirkenden Reizes, sie war mit einem Worte für die Dauer des Kettenschlusses „gelähmt".

Wurde die Kette so geschlossen, dass der constante Strom in absteigender Richtung das Rückenmark passirte, so zeigte sich auf der ganzen Länge des Rückenmarks eine Verminderung der Reizbarkeit, doch war die Verminderung nicht so beträchtlich, besonders bei hoher Erregbarkeit des Präparates, wie sie der aufsteigende Strom erzeugte. Eine Erhöhung der Reizbarkeit, wie sie Eckhard in diesem Falle bei den motorischen Nerven beobachtete, konnte ich trotz der sorgfältigsten und oft wiederholten Beobachtung beim Rückenmark nicht entdecken, und ich glaube daher auch mit Bestimmtheit sagen zu

können, dass sie beim Rückenmark nicht stattfindet, und dass das Verhalten desselben in dieser Beziehung von dem der motorischen Nerven abweicht.

Ich untersuchte gleichzeitig auch die Reizbarkeit der motorischen Nerven und der Muskeln, während das Rückenmark von einem constanten Strom durchflossen wurde, um zu sehen, ob die durch den constanten Strom erzeugte Abnahme der Erregbarkeit vom Rückenmark auch auf die motorischen Nerven sich fortpflanzte, und fand, dass die Erregbarkeit der genannten Organe durch den lähmenden Vorgang im Rückenmark durchaus nicht beeinträchtigt wurde; es entstanden auf directe Reizung derselben bei beiden Stromesrichtungen gleich starke Zuckungen nach wie vor.

Fassen wir nun die Resultate dieser Untersuchungen kurz zusammen, so ergiebt sich, dass, wenn das Rückenmark von einem constanten galvanischen Strome durchflossen wird, die Erregbarkeit desselben **an allen Stellen geschwächt**, beziehungsweise gelähmt wird, welche Wirkung jedoch der **aufsteigenden** Stromesrichtung in **höherem** Grade zukommt als der absteigenden; sowie ferner, dass dieser Vorgang im Rückenmark auf die Erregbarkeit der motorischen Nerven keinerlei Einfluss ausübt.

e) Die organischen Muskeln und beziehungsweise die vom Sympathicus versorgten Organe in ihrem Verhalten gegen elektrische Ströme.

Es wurde bei den Erscheinungen elektrischer Reizung motorischer Nerven erwähnt, dass dieselben vollkommen mit denen bei directer Muskelreizung beobachteten übereinstimmen, da die den elektrischen Reiz beantwortende Muskelzuckung nur als eine Folge des gereizten Muskelnerven zu betrachten ist. Wenn auch mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass die organischen Muskeln in dieser Beziehung denselben Gesetzen unterliegen, so hindert doch die mangelhafte anatomische Kenntniss des Sympathicus und seiner Ganglien, die wegen ihrer mikroskopischen Kleinheit dem Auge des Beobachters nicht selten sich entziehen und nur vermuthet werden können, den experimentalen Nachweis dieser Annahme.

Um Missverständnissen zu begegnen, wird bemerkt, dass wir den Sympathicus in dieser Beziehung nicht nach dessen anatomischer Verbreitung, sondern im Sinne der Physiologen auffassen, d. h. als einen vom Cerebrospinal-Nervensystem vollkommen unabhängigen, mit eigenen Centralorganen, den Ganglien, versehenen Nervencomplex. Diese letzteren sind es, welche die Bewegungen sämmtlicher organischer Muskeln vermitteln, und zwar ausschliesslich vermitteln: denn man beobachtet nach völliger Zerstörung des Rückenmarks und Gehirns die Muskeln des Magens und Darmes sich noch unbehindert fortbewegen, selbst nach völliger Herausnahme des Herzens, dessen Pulsationen noch längere Zeit andauern. Diese Beobachtung lehrt zugleich, dass die einzelnen Organe, wie z. B. das Herz, mit besonderen, jedoch im Bereiche des Sympathicus unter einander verbundenen Bewegungsorganen versehen sind, welche, wie wir sehen werden, von einem elektrischen Strom gereizt, eine Bewegung des betreffenden Organes resp. Muskels vermitteln. Diese Bewegungen unterscheiden sich aber in mehrfacher Beziehung von den animalischen Muskeln.

Während bei den animalischen Muskeln und ihren Nerven im Momente der Reizung auch schon eine Zuckung in ihrer vollen Stärke eintritt, beobachtet man bei der elektrischen Reizung organischer Muskeln eine gewisse Trägheit im Eintritte und Verlaufe der durch den Reiz verursachten Bewegung. Sie reagiren auf den elektrischen Strom viel langsamer, als jene, und zwar in doppelter Hinsicht. Einmal beginnt die Wirkung erst, nachdem der elektrische Strom schon eine Zeit lang auf den Muskel eingewirkt hat, und selbst von dem Eintritte der Wirkung an geht die Verkürzung viel langsamer von Statten, so dass vom Beginne der Verkürzung bis zum Maximum derselben eine ungleich längere Zeit vergeht, als dies bei den animalischen Muskeln der Fall ist. Die Wirkung des Reizes ist auch von längerer Dauer und währt selbst nach Entfernung der reizenden Kette noch eine Zeit lang fort. Die Länge der Dauer hängt von der Zeit der Einwirkung und von der Intensität des elektrischen Stromes ab. Ferner beobachtet man bei der elektrischen Reizung organischer Muskeln nicht wie bei den animalischen eine blosse Verkürzung des betreffenden Muskels, sondern eine Reihe der Function des

betreffenden Organes entsprechender Contractionen. Ein weiterer Unterschied im Verhalten organischer Muskeln gegen elektrische Reize besteht darin, dass bei Anwendung eines galvanischen Stromes die Contractionen auch bei geschlossener Kette noch fortdauern. Diese letztere Erscheinung ist jedoch mit Vorsicht aufzunehmen, indem dieselbe wohl auch der einen, beim Schliessen der Kette erzeugten Stromesschwankung zugeschrieben werden kann; anderentheils aber auch der in Bewegung begriffene Muskel ein Verschieben der Elektroden fast unvermeidlich macht, wodurch ebenfalls wieder Stromesschwankungen entstehen und Ursache zu einer Contraction gegeben wird. In jedem Falle lehrt sie uns, dass die von Eckhard gemachte Beobachtung über die lähmende Wirkung eines constanten Stromes nur auf die animalischen Muskeln zu beschränken ist, da derselbe, wenn er auch nicht selbst Contractionen erregt, diese doch auch nicht zu verhindern im Stande ist.

Das Verhalten der einzelnen, mit organischen Muskeln versehenen Organe gegen elektrische Ströme wurde von Mehreren untersucht, namentlich von Ed. Weber (l. c.), von Dittrich, Gerlach und Hey (Beobachtungen und physiologische Versuche an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prager Vierteljahrschr. Bd. VIII, Hft 3, S. 65), Kölliker (Ueber einige an der Leiche eines Hingerichteten angestellte Versuche und Beobachtungen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. Bd. III, S. 37), Harless (Physiologische Versuche an einem Hingerichteten. Augsb. allgem. Zeit., Beil. 1850, Nr. 142), ferner von R. Wagner, Cl. Bernard u. s. w. Diese an und für sich interessanten Beobachtungen verlieren insofern einen Theil ihres Werthes, als sie nicht unter gleichen Bedingungen angestellt werden konnten, bei gleicher Erregbarkeit der einzelnen Organe, mit gleichen Strömen u. s. w., wodurch es geschah, dass die Resultate derselben sich theilweise widersprechen. Wir entnehmen ihnen folgende auf unseren Gegenstand bezügliche Einzelnheiten.

Lässt man einen schwachen Inductionsstrom auf die blossgelegten Gedärme eines eben getödteten Säugethieres einwirken, so gerathen dieselben in lebhafte Bewegung, welche weit stärker ist als die schon vorhandenen peristaltischen Bewegun-

gen, wie sie beim Oeffnen der Bauchhöhle eines Thieres immer wahrgenommen werden. Bei flüchtiger Berührung einer Stelle des Darmrohres bildet sich an dieser allmälig eine Einschnürung, und bei etwas längerer Einwirkung des Stromes eine wellenförmige Bewegung dieses Darmstückes, die sich allmälig auf den ganzen Darm in absteigender Richtung gegen den Mastdarm hin erstreckt und auch nach Entfernung der reizenden Conductoren noch eine Zeit lang anhält. Dieselbe Erscheinung beobachtet man mehr oder minder auf der ganzen Länge des Darmcanales vom Pylorus an bis zum Rectum, im oberen Theile jedoch weit prägnanter als am unteren. Am stärksten tritt die quere Einschnürung hervor im Duodenum, weniger stark im Dünn- und Dickdarm, am wenigsten im Coecum. Ich beobachtete eine Einwirkung auf den Darm auch am lebenden Menschen, wenn ich einen Inductionsstrom von mässiger Stärke quer durch den Unterleib strömen liess, wobei bald nach dem Anlegen der Conductoren ein eigenthümliches Zusammenschnüren, begleitet von einer kriechenden Bewegung im Unterleibe, empfunden wurde. Zum Gelingen dieses Versuches ist es jedoch nothwendig, den einen auf die Bauchdecken aufgesetzten Conductor stark anzudrücken, indem sonst der Strom seinen Weg längs der Muskeln nimmt, ohne den Darm selbst zu berühren.

Ziemlich analog verhält sich auch der Magen, er reagirt kräftig gegen den elektrischen Strom, nur treten bei ihm in Folge seiner sich kreuzenden Muskelfasern nicht nur quere Einschnürungen auf, sondern auch eine Verkürzung seines Längsdurchmessers, wenn in dieser Richtung die Elektroden angesetzt werden.

Weit langsamer als der Magen, jedoch nicht minder stark, contrahirt sich die Gallenblase, und entleert bei etwas längerer Einwirkung einen Theil ihres Inhalts. Weber beobachtete an Säugethieren, dass sich die Gallenblase nach wiederholtem Streichen an einer Stelle mit den Elektroden eines Inductionsapparates, in querer Richtung einschnürte, und endlich dieselbe völlig in zwei Theile theilte.

Das Verhalten der Milz gegen den elektrischen Strom ist stets Gegenstand einer Controverse gewesen. Kölliker, Dittrich, Gerlach u. s. w. (l. c.) konnten bei der elektrischen

Reizung keine Contraction derselben wahrnehmen, während R. Wagner (Untersuchungen über die Contractilität der Milz mittelst des elektro-magnetischen Rotationsapparates. Jena'sche Annal. 1849, Heft 1), Harless (l. c.), sowie Cl. Bernard (Gaz. méd. de Paris 1849. p. 994) durch Reizung mit kräftigen Inductionsströmen dieselbe sich deutlich contrahiren sahen. Der Letztere beobachtete die sehr beträchtliche Verkürzung um 2 bis 3 Centimeter und bei Reizung im Querdurchmesser ebenfalls eine Verkürzung in dieser Richtung. Ich habe oben schon angedeutet, welchem Grunde ich die widersprechenden Resultate dieser Beobachtungen zuschreibe. Es ist ohne Zweifel hier namentlich die Verschiedenheit der elektrischen Ströme, da Kölliker mit einem galvanischen Strome seine Versuche anstellte, während sich Wagner, Harless und Cl. Bernard zu dem gleichen Zwecke der inducirten Ströme bedienten, und dass ein inducirter Strom die organischen Muskeln stärker afficirt als ein galvanischer, haben wir bereits gesehen. Es lässt sich demnach annehmen, dass die Milz, mit contractilen Fasern versehen, auf Reizung mit einem kräftigen unterbrochenen Strome sich zu contrahiren im Stande ist.

Die Harnblase reagirt energisch gegen elektrische Reize. Weber fand, dass die Harnblase eines Kaninchens auf die Einwirkung des Rotationsapparates sich ziemlich rasch contrahirte und ihren Inhalt vollständig entleerte. Noch lebhafter beobachtete er dasselbe bei der Katze. Auch am lebenden Menschen gelingt auf diesem Wege die Contraction der Blase, wie Duchenne zuerst dargethan. Derselbe bringt zu diesem Behufe den einen Conductor in den Mastdarm und den anderen, in Form einer in einer Cautschukröhre befindlichen geknöpften Metallsonde, in die Blase selbst, die er dann mit den verschiedenen Stellen der inneren Blasenwand in Berührung bringt. Ist die Blase sehr gefüllt, so dass sie über das Niveau der Schambeinverbindung sich erhebt, so genügt zur Contraction derselben ein Ansetzen des einen Conductors an den Damm, während der andere oberhalb der Symphyse etwas angedrückt wird. Es ist nur im gesunden Zustande, wo das Entleeren der gefüllten Blase von der Willkür des Schliessmuskels der Blase abhängt, schwer zu entscheiden, ob der geöffnete Schliessmuskel allein, natürlich bei der normalen

Thätigkeit der Blase, oder der elektrische Strom dieselbe entleerte. Weit besser beobachtet man die Wirkung des elektrischen Stromes auf die Blase in pathologischen Fällen, wo in Folge mangelhafter Energie der organischen Muskelfasern derselben, selbst bei geöffnetem Sphincter, ein vollkommenes Entleeren des Harnes ohne Mitwirkung der Bauchmuskeln nicht möglich ist. Mir ist es in einem solchen Falle gelungen, die Blase vollkommen zu contrahiren. Das Ansetzen des einen Conductors an den Damm hat das Missliche, dass der für den elektrischen Strom sehr empfindliche Sphincter vesicae hiebei schwer zu vermeiden ist. Ich führte daher den einen Conductor, eine dicke Metallsonde, die bis auf den Knopf in Kautschuck gehüllt war, indem sonst der Sphincter ani und mit ihm ebenfalls wieder der Sphincter vesicae in Contraction versetzt wird, in den Mastdarm, während ich den anderen befeuchteten Conductor oberhalb der Schambeinverbindung andrückte. Wenige Secunden nach Schliessung des Inductionskreises fing die Blase an sich zusammenzuziehen und ihres Inhalts sich zu entleeren. Ausführlicheres hierüber in einem späteren Abschnitte, wo von der Verwerthung der oben erwähnten Beobachtung in der Pathologie die Rede sein wird.

Der Uterus bietet in Anbetracht der elektrischen Reizung ähnliche Erscheinungen dar wie die Gedärme. Weber beobachtete, dass der Uterus einer trächtigen Hündinn durch Berührung mit den Elektroden eine Einschnürung erlitt, welche auch nach Wegnahme derselben noch eine Zeit lang anhielt. Auch der nicht trächtige Uterus eines Kaninchens zog sich auf elektrische Reizung etwas zusammen. Dass auch die Gebärmutter des lebenden Menschen auf diese Weise in Contraction versetzt werden kann, haben schon Höniger und Jacoby, Benj. Frank, Simpson, H. Smith u. m. A. gezeigt, indem sie den elektrischen Strom zur Erregung der Wehenthätigkeit mit Erfolg anwandten. Das Verhalten der menschlichen Gebärmutter ist jedoch, wie wir später noch sehen werden, in dieser Beziehung verschieden von der des Hundes und Kaninchens. Es treten bei ihr keine partiellen Contractionen ein, sondern das ganze Organ zieht sich in toto zusammen und strebt, seinen Inhalt zu entleeren.

Die nun noch zu betrachtenden, ebenfalls vom Sympathicus

versorgten Organe unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von den vorhergenannten, indem ihre Muskelfasern den Uebergang zu den animalischen bilden, und sie sich daher auch in ihren Bewegungen mehr oder weniger den animalischen Muskeln annähern.

Die Speiseröhre besteht bei einigen Thieren, wie bei den Nagern, aus rein animalischen, bei den Vögeln durchaus aus organischen Muskelfasern; es ist daher bei den ersteren die einer elektrischen Reizung folgende Bewegung rein animalischer Natur, d. h. es erfolgt im Momente der Reizung auch eine rasche Contraction, während die mit organischen Muskeln versehene Speiseröhre der Vögel in ihren Bewegungen den jenen eigenthümlichen Charakter der Trägheit an sich trägt. Die Speiseröhre der meisten übrigen Säugethiere und auch des Menschen besteht aus gemischten Muskelfasern, ist mit glatten und gestreiften Muskelfasern versehen, wobei bald die einen, bald die anderen vorherrschen. Je nach der Vertheilung dieser oder jener Art von Muskelfasern ist ihre Bewegung daher entweder mehr animalischer oder organischer Natur.

Die Iris verhält sich gegen elektrische Reize gerade umgekehrt wie die Speiseröhre, indem sie bei den Säugethieren organische und bei den Vögeln animalische Muskeln und Bewegung besitzt. Ed. Weber beobachtete, wie die Pupille eines Kaninchens unter dem Einflusse eines inducirten Stromes sich allmälig erweiterte, und erst einige Zeit nach Entfernung der reizenden Elektroden wieder auf ihren früheren Stand zurückkehrte. Wird die Iris eines Vogels, die mit animalischen Fasern versehen ist, elektrisch gereizt, so tritt keine Erweiterung, sondern eine Verengerung der Pupille ein, und zwar folgt diese Bewegung im Momente der Einwirkung des Stromes. Die Iris des Menschen scheint nach Kölliker's Beobachtungen (l. c.) sich analog der der Vögel zu verhalten. Als er den einen Pol an den Unterkiefer, den anderen an die Cornea brachte, verengerte sich, unter gleichzeitiger Verzerrung des Gesichts, die Pupille gleichmässig und rasch und dehnte sich ebenso rasch nach Entfernung der Stromgeber wieder aus. Dieser Versuch an beiden Augen mehrmals wiederholt, gab immer dasselbe Resultat. Dittrich, Gerlach und Hey (l. c.) beobachteten partielle Contractionen der Iris, was auch

Kölliker's Versuche bestätigen, und zwar verzog sich die Pupille je nach der Richtung, in welcher der Strom die Cornea passirte, zu einem stehenden oder liegenden Oval, woraus zu schliessen ist, dass ein Theil der radiären Fasern in Thätigkeit versetzt ward.

Eine besondere Betrachtung verdient hier noch das Herz, welches, wie die Beobachtungen Ed. Weber's nachweisen (l. c.), in mancher Hinsicht von den übrigen unter dem Einflusse des Sympathicus stehenden Organen abweicht, und sich den animalischen Muskeln nähert, so dass es gleichsam den Uebergang von dieser zu den organischen Muskeln bildet. Die anatomische Beschaffenheit des Herzmuskels stimmt in Anbetracht der Querstreifung seiner Fasern vollkommen mit den animalischen Muskeln überein. Ebenso hat es die Raschheit und Energie der Bewegungen mit diesen gemein, verhält sich aber gegen elektrische Reize den organischen Muskeln analog. Lässt man auf das Herz, nachdem es schon aufgehört hat zu pulsiren, einen kräftigen Inductionsstrom an gewissen Stellen einwirken, so erfolgen aufs Neue rhythmische Bewegungen desselben, wie Kölliker, Dittrich u. s. w. an den Leichen Hingerichteter gezeigt haben. Das Herz besitzt nämlich die Eigenthümlichkeit, dass es, an verschiedenen Stellen gereizt, auch verschiedene Erscheinungen darbietet. Ed. Weber beobachtete auf elektrische Reizung des Ventrikels sowie des Vorhofs eines lebhaft pulsirenden Froschherzens eine allmälige Contraction der Muskelfasern dieser Theile, so dass die contrahirten Stellen aufhörten, an der noch fortwährenden rhythmischen Bewegung des Herzens Theil zu nehmen. Nach längerer Einwirkung des Stromes verfiel das Herz in einen vollkommen tonischen Krampf, der erst einige Zeit nachher verschwand, um den normalen Bewegungen des Herzmuskels wieder Platz zu machen. Liess er den Strom auf den Bulbus aortae einwirken, so wurden die Pulsationen des ganzen Herzens lebhafter und kräftiger, während bei Einwirkung des Stromes auf den pulsirenden Theil der Vena cava, das Herz nach wenigen Secunden völlig stillstand, und erst einige Zeit nach Aufhören des Reizes, aber in einem langsameren Rhythmus, wieder zu pulsiren begann. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der Eigenthümlichkeit des Herzens, dass es zweierlei

Nerven, ausser dem Sympathicus noch Zweige vom N. vagus erhält. Werden die beiden Vagi elektrisch gereizt, so fangen die Pulsationen des Herzens an schwächer und langsamer zu werden, und schon nach einer Minute steht das Herz gänzlich still, während nach Durchschneidung der Vagusnerven das Herz schneller zu schlagen beginnt. Dieses eigenthümliche Verhalten des N. vagus zum Herzen führte zu der Anschauungsweise, dass jener, in erhöhte Thätigkeit versetzt, reflectorisch auf die Ganglien des Herzens wirke, und dieselben, denen die Bewegung des Herzens obliegt, ausser Wirksamkeit setzt.

Die Gefässe contrahiren sich gleichfalls unter dem Einflusse eines elektrischen Stromes, sowohl die Arterien als die Venen und Lymphgefässe, und zwar ist ihre Bewegung eine rein organische (Ed. Weber, Untersuchungen über die Contractilität der Blutgefässe. Müller's Archiv 1847, Heft II. und III. — Ferner Kölliker l. c.). Schon bei flüchtiger Berührung der Arterie mit den Elektroden eines Inductionsapparates verengert sich das Volumen derselben an der gereizten Stelle in Form einer Einschnürung. Lässt man den Strom mehrere Minuten lang einwirken, so wird die Verengerung des Arterienvolumens so beträchtlich, dass der Blutumlauf in demselben gehemmt wird. Wendet man einen sehr starken Inductionsstrom an, und lässt ihn anhaltend auf eine Stelle der Arterie einwirken, so werden die contractilen Muskelfasern derselben gelähmt, sie erschlaffen, geben dem Drucke des Blutes nach, und es entsteht auf diese Weise ein künstliches Aneurysma. Ebenso contrahiren sich die Venen und Lymphgefässe, doch erstreckt sich bei diesen die Verengerung noch weiter über die gereizte Stelle hinaus. Sie ziehen sich kräftig zusammen und entleeren ihren Inhalt vollkommen.

f) Von der Einwirkung elektrischer Ströme auf die Haut

ist zu erwähnen: Sehr schwache constante Ströme von etwa einem Elemente üben weder beim Schliessen noch beim Oeffnen der Kette eine wahrnehmbare Wirkung auf die normale Haut aus. Diese tritt erst hervor, wenn der Strom mehrere Stunden lang auf dieselbe eingewirkt hatte, wo sie sich denn durch ein Erythem, verbunden mit einem Gefühle von Prickeln.

in der Haut bemerkbar macht. Schon ein einfaches, leitend verbundenes Plattenpaar, eine Silber- und eine Zinkplatte von etwa Thalergrösse auf einer befeuchteten Hautstelle befestigt, verursacht nach 24 Stunden eine beträchtliche Röthung der darunter befindlichen Haut und nach 2 bis 3 Tagen unter der Zinkplatte mit Serum gefüllte kleine Bläschen, deren Inhalt mit der Zunahme ihrer Grösse allmälig in Eiter zerfällt, und die dann nach 5 bis 6 Tagen mehr oder minder tiefgehende flache Eiterpusteln darstellen. Werden dieselben Platten auf Hautstellen befestigt, die der Epidermis beraubt sind, so verursachen sie augenblicklich, besonders die Zinkplatte, einen heftig brennenden Schmerz, reichliche Absonderung von Serum, und nach längerer Einwirkung eine mit einer Kruste bedeckte Geschwürsfläche. Bei einer grösseren Anzahl von constanten galvanischen Elementen geht dieser Zerstörungsprocess verhältnissmässig rascher vor sich. Schon vier mittelgrosse Bunsen'sche Elemente zur Säule combinirt, verursachten nach wenigen Minuten ein deutliches Erythem. Die Leitungsdrähte waren an ihren Enden mit etwa 3 Quadratzoll grossen Metallplatten versehen, welche befeuchtet an zwei möglichst gleiche Hautstellen angesetzt wurden. Nach 5 bis 6 Minuten war unter dem negativen Pole, an welchem auch das Erythem stärker war, an einzelnen erbsengrossen Stellen die Epidermis zerstört, und die Haut hatte das Ansehen einer leichten Verbrennung, ohne dass die allerdings etwas erhöhte Temperatur der Platte eine der Wirkung entsprechende Höhe angenommen hatte. Bei einer noch grösseren Anzahl von Elementen tritt die zerstörende Wirkung des Stromes natürlich noch rascher ein, so dass bei 12 bis 15 Bunsen'schen Elementen eine blosse Berührung schon eine oberflächliche Zerstörung der Haut zur Folge hat. Wird der negative Pol oder werden beide Platten auf Schleimhäute aufgesetzt, so erfolgt, wegen der grösseren Leitungsfähigkeit derselben, die Wirkung noch rascher und tritt überhaupt intensiver auf. Dass diese Wirkung des galvanischen Stromes keine rein physiologische ist, sondern eine chemische, zersetzende, bedarf wohl keiner weiteren Erwähnung.

Bei der Einwirkung der Inductions-Elektricität auf die Haut bieten sich folgende Erscheinungen dar. Setzt man die Conductoren des Apparates in nicht zu grosser Entfernung

von einander auf eine Hautstelle auf, und lässt einen kräftigen Inductionsstrom mit raschen Unterbrechungen auf dieselbe wirken, so beobachtet man zuerst rings um die Conductoren ein Erblassen der Haut, und nach wenigen Secunden ein Erheben der Hautpapillen und eine vollkommene Cutis anserina. Nach Verlauf von etwa einer Minute fängt die erblasste Haut an, unter Beibehalten der letztgenannten Erscheinung, sich zu röthen, und geht nach Verlauf von weiteren 20 bis 30 Secunden in ein intensives Erythem über. Die Zeitdauer, innerhalb welcher diese dem Auge wahrnehmbaren Veränderungen der Haut erfolgen, ist natürlich wandelbar und hängt von der Stärke der Ströme ab, sowie von dem Zustande der Haut selbst, — ob diese trocken oder feucht ist. Ceteris paribus treten die erwähnten Erscheinungen bei trockener Haut intensiver und rascher hervor, als wenn dieselbe feucht ist, und zwar aus dem schon Seite 93 angeführten Grunde. Dass das Erheben der Hautpapillen nicht, wie die Ansicht Vieler ist, eine Reflexerscheinung, sondern die Folge einer directen Wirkung des elektrischen Stromes auf die glatten Muskeln der Lederhaut ist, hat Kölliker (Ueber die Contraction der Lederhaut des Menschen und der Thiere. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. II.) nachgewiesen, indem er auch an einzelnen abgeschnittenen Hautstücken das nämliche Resultat erhielt. Bei sehr intensiven Strömen und länger anhaltender Einwirkung auf die Haut soll dieselbe zerstört werden und an der betreffenden Stelle ein Schorf sich bilden.

g) Von der Einwirkung elektrischer Ströme auf das Blut.

Die elektrischen Ströme haben die Eigenschaft bei ihrer directen Einwirkung auf das Blut, dasselbe zu zersetzen und vollkommen gerinnen zu machen. Diese Eigenschaft kommt besonders den galvanischen, constanten Strömen zu, weniger den Inductionsströmen, und unter diesen wieder mehr den primären Strömen, bei welchen eine Polarität hervortritt, als den in ihrer Richtung stets wechselnden secundären Inductionsströmen. Bringt man frisch gelassenes Blut, gleichviel ob arterielles oder venöses, mit den Elektroden einer galvanischen Batterie von 3 bis 4 Elementen in Berührung, so beginnt schon

nach wenigen Minuten Gerinnung des Blutes, die plastischen Stoffe desselben scheiden sich aus und legen sich am positiven Pole an. Die Gerinnung des Blutes gelingt ebenso im lebenden Körper. Man befestigt zu diesem Zwecke an den Enden der Leitungsdrähte der Batterie zwei Stahlnadeln und sticht dieselben in nicht zu grosser Entfernung in die Arterie oder Vene eines lebenden Thieres ein. Schon nach 5 bis 6 Minuten fühlt man mit dem Finger, dass der Inhalt des Gefässes anfängt fest zu werden, und nach einer Viertelstunde ist das an der betreffenden Stelle befindliche Blut vollkommen geronnen. Oeffnet man nun das Gefäss, so findet man die eine Stahlnadel mehr oder minder oxydirt, das Blut in der angegebenen Weise zersetzt und am positiven Pole einen zusammenhängenden, an den Gefässwandungen adhärirenden Pfropf. Dass wirklich der positive Pol es ist, welcher die Gerinnung des Blutes verursacht, überzeugt man sich noch deutlicher, wenn man statt zwei Nadeln nur eine mit dem positiven Pole in Verbindung gebrachte in das Gefäss einsticht, und den anderen in eine Metallplatte endigenden Pol in der Nähe irgendwo ansetzt, worauf die Gerinnung des Blutes an der eingestochenen Nadel ganz in derselben Weise erfolgt. Sticht man hingegen eine am negativen Pole befestigte Nadel in das Gefäss ein und bringt den positiven Pol mit der Platte in Berührung, so findet man nach einer Viertelstunde beim Oeffnen des Gefässes die Nadel ganz blank und keine Spur von Gerinnung des Blutes. Wenn man den bei der elektrischen Zersetzung des Blutes stattfindenden Vorgang näher untersucht, so findet man, dass ausser der dem blossen Auge wahrnehmbaren Gerinnung des Blutes auch noch eine chemische Wirkung auf die verschiedenen im Blute gelösten Bestandtheile thätig war. Es wird also nicht nur Faserstoff, Eiweiss, Fett u. s. w. ausgeschieden, sondern es findet sich am positiven Pole mit diesen Körpern zusammen noch Chlor, sowie die Säuren der im Blute vorhandenen Salze, und Sauerstoff, der zur Oxydation der Nadel beiträgt. Am negativen Pole dagegen findet man die Salzbasen, Eisen, Farbstoff u. s. w. Wir werden später sehen, welche erfolgreiche praktische Verwendung die das Blut zersetzende Eigenschaft des galvanischen Stromes in der Medicin gefunden hat.

Literatur. Humboldt, A. v., Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser u. s. w. 2 Bände. Berlin 1797 bis 1799. — Nysten, P., Nouv. expér. galvaniques faites sur les organes musculaires de l'homme et des animaux à sang rouge etc. Paris 1803. — Foderá, M., Récherches expérimentales sur le system nerveux. Paris 1803. — Kunze, C. S., Einige Bemerkungen über den Galvanismus in phys., chem. und med. Hinsicht. Dessau 1804. — Versuche, galvanische und elektrische, am Menschen und Thierkörper. Frankfurt a. M. 1804. — Volta, A., Schriften über Elektricität und Galvanismus. Herausgeg. von Nasse. Halle 1803. — Ritter, J. W., Neue Versuche über den Einfluss des Galvanismus auf die Erregbarkeit thier. Nerven. München 1809. — Prevost und Dumas, Ueber die Formveränderung der Muskelfaser bei ihrer Zusammenziehung. Journ. exp. de Physiol. Tom. III. 1823. — Weber, Ed., Quaestiones physiolog. de phaenomen. galvan. in corp. hum. observat. Lips. 1836. — Reid, J., On the relation between muscular Contractility and the nerv. system. Edinburgh 1841. — Purkinje, Ueber die Wirkung elektr. Ströme auf den Sehnerv. Rost's Magazin u. s. w. Bd. 20, S. 31. — Bowman, On the minute structure and movements of voluntary muscle. Philos. Transact. 1840, p. 457. — Valentin, Galvanismus in seiner Einwirkung auf den thierischen Körper. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I, S. 527. — Weber, Ed. und E. H., Wirkung des magneto-elektrischen Stromes auf die Blutgefässe. Müller's Archiv etc. 1847. Heft 2 u. 3. — Budge, Ueber den Einfluss des N. vagus auf die Herzbewegung. Froriep's Notizen. 1846, Mai. — Weber, Ed., Ueber Muskelbewegung. Wagner's Handwörterb. d. Physiol. Bd. III, S. 2. — Lenz und Ptschelnikoff, Ueber den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen galvanische Ströme. Poggend. Annal. Bd. 56, S. 429. — Heidenreich, phys.-chem. Untersuchungen des Blutes durch die elektr. Säule. Neue med. Zeit. 1847, Nr. 31. — Bird, G., Lectures on Electricity and Galvanism in their physiological and therapeutical relation etc. London 1849. — Stannius, Beobachtungen über die Muskelreizbarkeit. Müller's Archiv. 1849. S. 591. — Kilian, Versuche über die Restitution der Nervenerregbarkeit nach dem Tode. Giessen 1847. — Brown-Sequard, Versuche über die Wirkung elektrischer Ströme auf die Erregbarkeit von Muskeln und Nerven. Gaz. méd. de Paris, 1849. p. 881. — Bernard, Cl., Untersuchungen über die Contractilität der Milz. Gaz. méd. de Paris. 1849, p. 994. — Wagner, R., Untersuchungen über die Contractilität der Milz u. s. w. Jena'sche Annal. 1849, Heft 1. — Rayer, Expérience sur la contractilité de la rate. Journ. de Connais. méd. 1850, Févr. — Harless, E., Physiologische Versuche an einem Hingerichteten. Augsb. allg. Zeit. 1850, Nr. 142 Beil. — Dittrich, Gerlach und Hey, Beobachtungen und physiologische Versuche an den Leichen von zwei Hingerichteten. Prag. Vierteljahrschr. Bd. VIII, Heft 3. — Kölliker, Zur Lehre von der Contractilität der menschlichen Blut- und Lymphgefässe. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. v. Sieb. u. Köll. 1849. Bd. I, S. 2 u. 3. — Derselbe, Contractionen der Lederhaut des Menschen durch Einwirkung von Galvanismus. l. c. 1850. Bd. II, p. 23. — Derselbe, Ueber einige an der Leiche eines Hingerichteten angestellte Versuche. l. c. 1851. Bd. III, p. 37. — Brown-Sequard, Ueber die Wirkung der Blutcirculation auf die Muskelreizbarkeit. Gaz. méd. de Paris,

1851, Nr. 37. — Schönbein, Ueber einige mittelbare physiologische Wirkungen der atmosphärischen Elektricität. Henle u. Pfeufer's Zeitschr. 1851. Heft 3, S. 385. — Du Boi Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Berlin 1848. Bd. I. — Eigenbrod, Ueber die Leitungsgesetze im Rückenmark. Giessen 1849. — Eckhard, C., Der galvanische Strom als Hinderniss der Muskelzuckung. Henle u. Pfeufer's Zeitschrift, Neue Folge, Bd. III, S. 198. — Schiff, M., Vermehrung des Herzschlages durch elektro-magnetische Reizung des N. vagus. Froriep's Tagesbericht 1851. Nr. 264. — Derselbe, Ueber Zusammenziehung animalischer Muskeln. l. c. 1851, Nr. 320. — Helmholz, Messungen über den zeitl. Verlauf u. s. w. Müller's Arch. 1850, S. 276, u. 1852, S. 216. — Derselbe, Ueber die Geschwindigkeit einiger Vorgänge in Muskeln und Nerven. Ber. d. k. Akad. Berlin 1854, Juni. — Valentin, Ueber die Möglichkeit, die Stimmungsrichtung eines galvanisirten Froschpräparates willkürlich umzukehren. Arch. f. physiol. Heilk. 1853. XII, 1. — Brown-Sequard, Resultate der Durchschneidung und Galvanisation des Halstheiles des N. sympat. Gaz. méd. de Paris. 1854, 2. 3. — Beobachtungen an der Leiche eines Enthaupteten. Verh. d. med. phys. Ges. z. Würzb. 1854. Bd. V, 1. — Eckhard, C., Grundzüge der Physiologie des Nervensystems. Giessen 1854. — Derselbe, Ueber den Einfluss des constanten galvanischen Stromes auf die Erregbarkeit des motorischen Nerven. Dessen Beiträge zur Anat. u. Physiol. Giessen 1855. Heft I, S. 23. — Derselbe, Ueber den galvanischen Leitungswiderstand der thierischen Gewebe. l. c. S. 55. — Ausserdem die Lehr- und Handbücher der Physiologie, Abschnitt Nervenphysiologie, insbesondere Joh. Müller's Handbuch der Physiologie, 3. Aufl., Bd. I, S. 617 u. d. f. und Ludwig's Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Heidelberg 1852. Bd. I, Abschn. III, S. 71.

III.

Therapeutischer Theil.

Inductions-Elektricität.

Nothwendige Eigenschaften eines zu medicinischen Zwecken brauchbaren Inductionsapparates.

Gleichwie die Volta'sche Säule die Reibungselektricität, die in früherer Zeit, namentlich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, mehrfach in der Medicin angewendet wurde, allmälig verdrängte, so hat die Entdeckung der Inductionselektricität mit ihren Folgen die Anwendung des Galvanismus, der einige Jahrzehende nach seiner Entdeckung eine nicht unbedeutende Rolle in der Medicin spielte, und die Aufmerksamkeit unserer grössten Naturforscher und Aerzte auf sich zog, mehr und mehr beschränkt. Wenn auch die Forschungen Marshall Hall's, Krussel's, Middeldorpf's und in der neuesten Zeit Remak's etc. auf dem Gebiete des Galvanismus demselben eine Stelle in der Medicin gesichert haben, so ist doch das Feld für die Anwendung der Inductionselektricität ein ungleich grösseres. Ich erwähne hier nur die umfangreiche Gruppe der verschiedenen Nervenkrankheiten, als Neuralgien, Hyperästhesien und Anästhesien, Krämpfe und Lähmungen der verschiedenen Nervensphären u. s. w., die alle je nach ihrer Genesis und Individualität mit mehr oder weniger günstigem Erfolge mit dem Inductionsstrome behandelt werden. Ferner, wo es sich um Veränderungen abnormer Se- und Excretionen handelt, um Resorption dem elektrischen Strome zugänglicher, flüssiger und plastischer Exsudate u. s. w. Da wir es hier nun vor-

zugsweise mit der Anwendung des Inductionsstromes zu thun haben, so sind es also die hiezu nöthigen Apparate, die in ihren wesentlichen Eigenschaften im Nachstehenden beschrieben werden sollen. Was die galvanischen Apparate anbelangt, so fordert jede Indication auch eine besondere Form; es wird daher später, wo wir von der therapeutischen Verwendung des constanten galvanischen Stromes sprechen werden, auch der jedesmaligen entsprechenden Einrichtung des Apparates Erwähnung geschehen.

Es ist nicht zu leugnen, dass zur Hebung mancher pathologischer Zustände jeder beliebige Inductionsapparat hinreichend sein wird. Dies beweisen schon die grosse Anzahl gelungener Heilungen, wie sie allerwärts, als durch Anwendung der Elektricität erreicht, bekannt wurden, die, wie aus dem angegebenen Verfahren zu ersehen, nicht selten mit den mangelhaftesten Apparaten, ja oft bei geradezu unzweckmässiger Anwendungsweise erzielt wurden. Ebenso zahlreich aber sind gewiss auch jene Fälle, wenn dieselben auch weniger bekannt geworden sind, in denen die Elektricität sich als unwirksam erwiesen, wobei die Ursache des Misslingens nicht auf die Wirkungslosigkeit der Elektricität, sondern auf die unrichtige Art und Weise ihrer Anwendung, oder auf Unzulänglichkeit des Apparates geschoben werden muss. Es soll natürlich damit nicht gesagt sein, dass alle die genannten Krankheitsformen durch Elektricität geheilt werden können, sondern im Gegentheil ist der von Duchenne angebahnte Fortschritt auf diesem Gebiete bemüht, bestimmtere Grenzen für deren Anwendung aufzusuchen, und dadurch festere Anhaltspunkte für die Prognose zu gewinnen. Es spricht dies nur für die Wirksamkeit der Elektricität im Allgemeinen und zeigt, welch schätzbares Heilmittel dieselbe, von sachverständigen Händen gehandhabt, für eine grosse Anzahl von Krankheiten werden kann.

Um allen therapeutischen Anforderungen entsprechen zu können, ist es nothwendig:

1) Dass der Apparat Ströme von hinlänglicher Stärke zu liefern im Stande ist, indem sonst nicht selten der Fall eintreten wird, dass die Stromstärke nicht ausreicht, einer bestimmten Indication zu genügen. Ein sehr schwacher Strom schon wird bei richtigem Ansetzen der Conductoren ausreichen, um kleinere Muskeln, wie die des Gesichts, der Hand

oder des Vorderarmes, vollkommen zu contrahiren, der auf grössere Muskeln oder solche mit gesunkener Erregbarkeit unwirksam bleiben wird, oder höchstens ein schwaches Fibriren in denselben erzeugt. Hiezu bedarf es eines intensiveren Stromes, der andererseits wieder unzulänglich sein kann, wo sich's um Erzeugung eines kräftigen Hautreizes (Faradisation électro-cutanée-Duchenne's) handelt, insbesondere auf anästhetischer oder mit einer dicken Epidermis versehenen Haut, wie z. B. an der Planta pedis etc.

Es wäre allerdings höchst wünschenswerth, ein dem ärztlichen Bedürfniss entsprechendes Instrument zum Messen der Stromstärke zu besitzen, einmal zur genauen Dosirung des elektrischen Stromes und dann auch, um verschiedene Apparate auf ihre Stromstärke prüfen zu können. Das Galvanometer entspricht diesem Zwecke nicht; denn abgesehen davon, dass es zur Messung des primären Stromes aus Gründen, die in der Einrichtung des Apparates liegen, nicht zulässig ist, gestattet es auch keinen Schluss auf die Intensität des secundären Stromes, da die magnetische Wirkung inducirter Ströme zu ihrer physiologischen Wirkung in gar keiner Beziehung steht. So sehen wir Inductionsspiralen von sehr intensiver physiologischer Wirkung fast unwirksam auf die Magnetnadel des Galvanometers. Aus denselben physikalischen Gründen ist auch das Voltameter hiezu nicht zu gebrauchen. Das physiologische Rheoskop *) mag zwar in dieser Beziehung dem Physiker und Physiologen theilweise genügen, ist aber aus leicht begreiflichen Gründen unbrauchbar für den Arzt. Es bleibt demselben daher nichts Anderes als das subjective Gefühl, welches annäherungsweise über die Stärke der vergleichenden Ströme Aufschluss geben wird. Da es aber schwierig ist, zwei oder mehrere kräftige Ströme durch die Empfindung zu prüfen, die dieselben an einem bestimmten Körpertheile hervorrufen, so bedient sich Duchenne hiezu einer mit Wasser gefüllten Glasröhre, in welche zwei sich gegenüberstehende Kupferdrähte

*) Dasselbe ist ein präparirter Froschschenkel, bei welchem der bis an die Kniekehle blossgelegte und isolirte N. ischiadicus zur Anlegung der Elektroden des zu prüfenden Stromes dient. Die Stärke der in den Muskeln erfolgten Zuckung lässt annäherungsweise auf die Stärke des Stromes schliessen.

hineinragen — eine Vorrichtung, wie sie häufig als Moderator der Stromstärke angewandt wird. Diese Röhre wird in einen der Inductionskreise eines Apparates eingeschaltet, dessen Stromstärke bekannt ist, und nun die Drähte so weit von einander entfernt, dass eben noch eine Empfindung wahrgenommen wird. Diese werden nun in ihrer Stellung gelassen und in den Kreis des zu prüfenden Apparates auf gleiche Weise eingeschaltet. Hier wird nun, wenn der zu prüfende Apparat schwächer, entweder gar keine Wirkung mehr gefühlt, oder die allenfalls sich ergebenden Unterschiede bei so abgeschwächter Stromstärke durch das Gefühl leicht erkannt werden. Vollkommen unstatthaft aber ist jene Methode, die Stromstärke eines in Thätigkeit befindlichen Apparates dadurch bestimmen zu wollen, dass man die cylinderförmigen Conductoren, wie sie gewöhnlich den Inductionsapparaten beigegeben sind, mit beiden Händen anfasst, und nach ihrer Wirkung auf Hände oder Arme die Leistungsfähigkeit des Apparates beurtheilt, da auf diese Weise schon ein sehr schwacher Strom, besonders bei feuchter Haut und rascher Unterbrechung, eine nicht zu ertragende Empfindung in der Hand und den Armgelenken verursacht, und so zu einem Irrthume über die Stärke des zu prüfenden Apparates Veranlassung gegeben wird. Um dies zu vermeiden, wähle man besser zwei gleiche, kleinere Körperstellen, die Spitzen der beiden Zeigefinger, um dadurch den Leitungswiderstand zu vergrössern, und so auch stärkere Ströme beurtheilen zu können. Auf diese Weise wird man mit einiger Uebung die jedesmalige Stromstärke des Apparates wenigstens annäherungsweise zu bestimmen im Stande sein. Um für jeden einzelnen Fall oder Körpertheil die Stromstärke zu bestimmen und zu kennen, dazu ist eine besondere Einrichtung des Apparates erforderlich, nämlich:

2) Dass dessen Stromstärke beliebig in bequemer Weise und in gleicher Progression regulirt werden kann.

Diese zweite Eigenschaft findet gleichfalls in dem vorerwähnten Punkte ihre Begründung, da sowohl die verschiedene anatomische Beschaffenheit, als auch die Verschiedenheit der pathologischen Zustände, der zu erfüllenden Indicationen etc. eine besondere Modification der Stromstärke erheischt. Ein

und derselbe Apparat kann bei zweckmässiger Einrichtung allen diesen Anforderungen entsprechen, sowohl zur Erregung der gegen elektrische Ströme sehr empfindlichen Retina, zur Contraction der normalen Gesichtsmuskeln dienen, als auch zur Reizung anästhetischer Hautstellen zur Wirkung auf Muskeln mit geschwächter Erregbarkeit u. s. w. Die Ab- und Zunahme der Stromstärke muss aus demselben Grunde auch in gleicher Progression vor sich gehen, indem sonst ein genaues Dosiren des elektrischen Stromes, wie es in manchen Fällen nothwendig ist, nicht erreicht werden kann, sie muss für jede Modification die möglichst kleine sein, oder mit anderen Worten, der Apparat muss innerhalb der Grenzen seiner Stromstärke alle Abstufungen derselben zu geben im Stande sein. Der schon von Neef empfohlene und häufig in Anwendung gebrachte Glasröhrenmoderator entspricht an und für sich diesem Zwecke nicht, da zwischen der Berührung der beiden Drahtenden und der geringsten Entfernung derselben von einander, schon ein allzugrosser Abstand der Stromstärke liegt, die keiner weiteren Modification mehr fähig ist. Dass das Reguliren der Stromstärke in bequemer Weise stattfinden muss, ist in der Verwendung des Apparates zum ärztlichen Gebrauche hinlänglich motivirt.

3) Muss der Apparat zwei Ströme, sowohl den primären (Extracurrent), als auch den secundären Strom zu liefern im Stande sein.

Duchenne hat zuerst auf den Unterschied in der Wirkung beider Ströme aufmerksam gemacht, indem er durch sorgfältig angestellte vergleichende Untersuchungen fand, dass der primäre Strom vorherrschend auf die mit contractilen Sehnen versehenen Organe, also auf die Muskeln wirke, während der secundäre eine stärkere Wirkung auf die sensitiven Nerven und besonders die Retina ausübe.

Obwohl weder die Physik noch die Physiologie eine Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinung bis jetzt gegeben hat, so hat doch die Erfahrung gezeigt, dass wirklich ein solcher Unterschied in der Wirkungsweise der beiden Ströme besteht. Um sich hievon zu überzeugen, genügt ein leicht auszuführendes Experiment, durch welches ich mehrmals wiederholt diese Unterschiede bestätigt fand. Man bringe mittelst

des Moderators die beiden Ströme des Apparates auf eine für das Gesicht annäherungsweise gleiche Intensität, und prüfe sie dann abwechselnd auf ihr Vermögen, einen beliebig gewählten Muskel zu contrahiren. Es versteht sich von selbst, dass die Conductoren immer an denselben Stellen, die ich, um sicher zu gehen, mit Tinte bezeichnete, angesetzt werden müssen, und dass der Muskel nicht zu klein sei, indem sonst der Unterschied in der Wirkung auf dessen Contractilität zu unmerklich hervortritt. Ich wählte zu diesem Versuche den M. biceps brachii, welcher Muskel seiner isolirten Lage und seiner deutlich in die Augen fallenden Wirkung wegen mir hiezu besonders geeignet schien. Nachdem ich die beiden Ströme in der vorhin angegebenen Weise regulirt und abgeschwächt hatte, liess ich sie vermittelst feuchter Conductoren abwechslungsweise auf den Muskel wirken, wobei der secundäre Strom nur ein ungleiches Heben des Vorderarmes bewirkte, während der primäre den Muskel bis zur vollkommenen Beugung des Vorderarmes verkürzte. Ich verstärkte hierauf, ohne die Conductoren zu entfernen, den secundären Strom allmälig um so viel, dass er dieselbe Wirkung hervorbrachte, um so das Verhalten der sensitiven Muskelnerven zu beobachten. Es wurde stets bei gleicher Verkürzung das Muskelgefühl durch den secundären Strom stärker erregt als durch den primären. Um sich in dieser Beziehung nicht zu täuschen, ist es nothwendig, diejenigen Punkte aufzusuchen, die zum Ansetzen der Conductoren, um eine vollkommenere und möglichst schmerzlose Muskelcontraction zu erzielen, am geeignetsten sind, und das sind, wie Remak gezeigt hat, die Eintrittsstellen der motorischen Nerven in den Muskel. Werden die Conductoren an anderen Stellen mit dem Muskel in Berührung gebracht, so bedürfen wir eines stärkeren Stromes, und ebenso ist auch die die Contraction begleitende Empfindung eine schmerzhaftere.

Die stärkere Wirkung des secundären Stromes auf die sensitiven Nerven tritt besonders bei Reizung der Hautnerven hervor, und zwar sowohl in objectiver als subjectiver Beziehung. Der secundäre Strom wird bei annähernd gleicher Wirkung auf die Verkürzung des Muskels, also bei ziemlich gleicher Stärke in dieser Beziehung mit dem primären, einen intensiveren Hautreiz, Röthe der Haut etc. hervorrufen, als dieser.

Duchenne erwähnt einen Fall (l. c. S. 102), wo er bei einer atrophischen Lähmung des M. deltoideus an einem Kranken, der zu solchen Hauteruptionen geneigt war, durch Faradisiren des genannten Muskels vermittelst des secundären Stromes eine erysipelatöse Röthe der Haut entstehen sah. Nachdem diese nach zwei Tagen verschwunden war, faradisirte er neuerdings mit einem ebenfalls kräftigen Strome, aber der ersten Ordnung, mit dem er auch die Behandlung fortsetzte, ohne dass je wieder die Spur eines Erysipels sich zeigte. Da Duchenne in beiden Fällen mit Stromgebern von gleicher Beschaffenheit operirte, so ist wohl nicht zu zweifeln, dass die genannte Hauteruption wirklich nur durch den secundären Strom veranlasst worden war.

Eine weitere Beobachtung Duchenne's über die Wirkungsunterschiede beider Ströme geht dahin, dass der secundäre Strom, wie schon erwähnt, stärker auf die Retina wirke, als der primäre, wobei nach Duchenne's Erfahrungen diese Unterschiede bei den magneto-elektrischen Strömen ganz besonders hervortreten. Er wendet deshalb bei beabsichtigter Erregung der Retina wie bei Amaurose ausschliesslich und mit Erfolg den secundären magneto-elektrischen Strom an (Duchenne's Rotationsapparat liefert Ströme I. und II. Ordnung. Siehe dessen Abbildung und Beschreibung l. c. S. 152), während er sich bei Lähmung der vom N. trigeminus versorgten Muskeln, wo eine Miterregung der Retina vermieden werden soll, des primären volta-elektrischen Stromes bedient, dem diese Eigenschaft unter den inducirten Strömen am wenigsten zukommt.

Was nun den Grund dieses eigenthümlichen Verhaltens der beiden Ströme anbelangt, so ist bei der analogen Entstehungsweise derselben wohl nicht anzunehmen, dass besondere specifische Eigenschaften oder vielmehr Verschiedenheiten dasselbe bedingen. Ich halte es für wahrscheinlich, dass grösstentheils die Beschaffenheit der Spiralen diese Unterschiede hervorruft. Der primäre Strom entsteht in einem verhältnissmässig kurzen und dicken Drahte, während der Spiraldraht des secundären Stromes meist um das Sechs- bis Zwanzigfache länger und ebenfalls um Vieles dünner ist. Daraus ist aber mit Zuhülfenahme des Ohm'schen Gesetzes leicht ersichtlich,

dass dieser intensiver sein, eine grössere Spannkraft besitzen muss, als jener, der seinerseits wieder, bei geringerer Spannkraft, in quantitativer Beziehung stärker ist, als der secundäre Strom. Bei starken Inductionsströmen zweiter Ordnung ist die Spannkraft eine so beträchtliche, dass nicht einmal ein Schliessen der Spirale zur Entstehung einer Wirkung nothwendig ist. Wenn man das eine Ende der offenen Spirale eines in Thätigkeit befindlichen Apparates mit dem Finger berührt, so empfindet man ein deutliches Brennen; berührt man dasselbe mit einem metallischen Leiter, so entsteht ein Funke. (Ausführliches hierüber: Sinsteden, Elektrische Spannungserscheinungen und Funken an ungeschlossenen Inductionsspiralen. Pogg. Annal. Bd. LXIX, S. 353.) Dass Ströme von verschiedener Dichtigkeit in physiologischer Beziehung verschieden wirken können, bestätigt die Erfahrung auf dem Gebiete der elektrischen Reizung, und es ist daher meine Annahme, dass die Wirkungsverschiedenheit der beiden Ströme, des primären und secundären Stromes, in der Verschiedenheit ihrer Dichtigkeitsverhältnisse begründet ist, um so wahrscheinlicher, da wir gesehen haben, dass die sensitiven und die motorischen Nerven gegen elektrische Ströme in mancher Beziehung sich verschieden verhalten. Dies angenommen, schliessen wir daraus weiter, dass die sensitiven Nerven zu ihrer Erregung im Allgemeinen eines intensiveren Stromes bedürfen als die motorischen, oder mit anderen Worten, dass wir auch ohne besondere Miterregung der sensitiven Muskelnerven eine Muskelcontraction erzeugen können.

Es ist allerdings auch nicht in Abrede zu stellen, dass der Wechsel der Stromesrichtung, welcher bei dem secundären Strome statthat, zur stärkeren Erregung der sensitiven Nerven beitragen kann (M. Meier, Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medicin. Berlin 1854, S. 29), doch halte ich es aus den angeführten Gründen für wahrscheinlich, dass die Hauptursache der Wirkungsverschiedenheit in der Verschiedenheit der Dichtigkeitsverhältnisse beider Ströme liegt. Ich bin gegenwärtig damit beschäftigt, durch eine Reihe von Versuchen mit Inductionsspiralen von verschiedenem Längs- und Querdurchmesser des Drahtes deren Wirkung in dieser Beziehung zu prüfen. Das erhaltene Resultat wird seiner Zeit

die Richtigkeit oder Unrichtigkeit meiner ausgesprochenen Ansicht darthun.

4. Die Ströme eines vollständigen Apparates müssen in Anbetracht ihrer Aufeinanderfolge einer Modification fähig sein.

Wird das Unterbrechen und Erneuern des Stromes auf mechanischem Wege bewerkstelligt, durch Drehen eines Rades, wie es bei den Rotationsapparaten und auch bei einigen voltaelektrischen Inductionsapparaten der Fall ist, so folgen die einzelnen Ströme je nach der Schnelligkeit, mit der das Rad gedreht wird, mehr oder minder rasch auf einander, und es bedarf demnach hiezu keiner weiteren Vorrichtung. Bei der grösseren Anzahl der letztgenannten Apparate wird dieses Geschäft von dem Apparate selbst besorgt (siehe S. 52), durch eine äusserst sinnreiche, zuerst von Neef in Anwendung gebrachte und nach ihm genannte Vorrichtung, den Neef'schen Hammer. Da hiebei aber die Unterbrechungsgeschwindigkeit stets dieselbe ist, so bedarf es einer besonderen Vorrichtung, die Ströme in dieser Beziehung zu modificiren. Dies geschieht nun durch eine metallene Schraube, deren Spitze, wenn sie die Feder des Hammers berührt, den Strom schliesst, im entgegengesetzten Falle unterbricht. Unter allen den bis jetzt bekannten Apparaten, mit Ausnahme des Duchenne'schen, entspricht diese Einrichtung ihrem Zwecke nicht, indem die damit erreichbaren Veränderungen in der Unterbrechungsgeschwindigkeit zu unbedeutend sind, und namentlich langsame Ströme, drei bis vier in der Secunde, gar nicht erhalten werden können. Es wird weiter unten bei der Beschreibung des vom Verfasser construirten Apparates erwähnt werden, in welcher Weise dieser Uebelstand beseitigt werden kann.

Duchenne war der Erste, der auf diese Unterschiede aufmerksam machte, sowie auf die Nothwendigkeit einer sorgfältigen Würdigung derselben in der Medicin, und bestimmte Indicationen für die Anwendung der einen oder anderen Art von Strömen aufstellte (l. c. S. 103 etc.). Ich erwähne zu diesem Behufe einige Beobachtungen aus dessen reicher Erfahrung, und überdies wird Jeder, der mit der Anwendung von Inductionsapparaten einigermaassen vertraut ist, durch Versuche

an sich selbst, sowie in pathologischen Fällen, von den Richtigkeiten des Erwähnten sich leicht überzeugen können.

Nach Duchenne wirkt ein rapider Strom, abgesehen von seiner Intensität, auf die sensitiven Nerven weit stärker, als einer mit langsamer Unterbrechung, und ist daher zur Reizung der Haut, sowie der sensitiven Nerven überhaupt ganz besonders geeignet. Eine sehr zweckmässige Anwendung findet der rasche Strom, wo auf die sensitiven Muskelnerven gewirkt werden soll, wie in den nicht sehr selten vorkommenden Fällen von mangelndem Muskelgefühl mit oder ohne Ergriffensein der motorischen Function der Muskeln. In letzterem Falle, wo das willkürliche Bewegungsvermögen nicht aufgehoben, sondern die Bewegungen nur durch den Gefühlsmangel der Muskeln beeinträchtigt sind, wird man am besten einen schwachen Strom mit sehr raschen Unterbrechungen anwenden. Bei der besonderen Wirkung des rapiden Stromes auf den Muskeltonus eignet sich derselbe in manchen Fällen von Contracturen, um durch gesteigerte Thätigkeit der Antagonisten die krankhafte Verkürzung der Muskeln zu heben. Eine weitere Indication findet derselbe bei atrophischen Muskeln, um die Ernährung derselben zu bethätigen, was nur durch einen sehr raschen Strom erreicht werden kann. Contraindicirt ist die zu rasche Unterbrechung des Stromes, wie wir sie in den vorhererwähnten Fällen bedurften, in allen jenen Fällen, wo bei blosser Erkrankung der motorischen Sphäre eine Reizung der sensitiven Nerven nicht nöthig, oder nach Umständen sogar schädlich sein kann, wie bei apoplektischen, überhaupt cerebral bedingten Lähmungen, bei denen die elektromuskuläre Contractibilität und Sensibilität vollkommen normal ist. Duchenne räth bei dieser Art von Lähmungen immer nur langsam folgende Ströme anzuwenden, höchstens drei bis vier auf die Secunde, um nicht Gefahr zu laufen, durch zu starke Reizung der sensitiven Nerven einen neuen apoplektischen Anfall hervorzurufen.

Obwohl die sensitiven Nerven durch rapide Ströme stärker erregt werden, als durch langsame, so ist es doch nicht zulässig, die zum Reguliren der Unterbrechungsgeschwindigkeit bestimmte Vorrichtung im Allgemeinen zum Reguliren der Stromstärke zu benutzen, indem die Raschheit der Ströme zwar auf

die Höhe der Erregung sensitiver Nerven von Einfluss ist, nicht aber auf die motorischen Nerven und die Muskeln, wie weiter oben schon gezeigt wurde. Diese Vorrichtung kann daher immer nur bedingungsweise zur Verstärkung der Wirkung dienen, nie aber zur Regulirung der Stromstärke, wozu, wie schon erwähnt, und wie weiter unten bei Beschreibung der Eigenschaften und der Einrichtung meines Apparates gezeigt werden soll, eine besondere Vorrichtung nothwendig ist.

Die vorstehend erwähnten vier Punkte betreffen die wesentlichen Anforderungen, denen ein vollständiger Apparat, wie er zu medicinisch-therapeutischen Zwecken nothwendig ist, Genüge leisten muss. Minder wesentlich, jedoch sehr wünschenswerth ist ausserdem noch, dass derselbe möglichst compendiös, leicht zu handhaben und nicht mit unnützen, die Anwendung erschwerenden Vorrichtungen überladen ist. Das Gesagte bezieht sich sowohl auf die volta-elektrischen als auf die magneto-elektrischen Apparate, wobei bemerkt wird, dass die Wirkung dieser beiden Arten von Inductionsapparaten in medicinischer Hinsicht ganz dieselbe ist, wenn sie anders so construirt sind, dass sie die genannten vier Hauptbedingungen zu erfüllen im Stande sind. Eine einzige schon erwähnte Ausnahme will Duchenne beobachtet haben, der zufolge er bei inducirter Erregung der Retina den magneto-elektrischen Strömen den Vorzug giebt. Es ist auch nicht einzusehen, warum die Ströme eines magneto-elektrischen Apparates andere Eigenschaften haben sollen als die volta-elektrischen oder vielmehr die elektro-magnetischen. Bei beiden ist die inducirende Kraft ein Magnet, bei jenen ein Stahlmagnet, bei diesen ein Elektromagnet, denn die direct inducirende Wirkung des primären galvanischen Stromes ist gegenüber der des verschwindenden Magnetismus kaum in Betracht zu ziehen und verschwindend klein, wie man sich durch Herausnahme des Eisendrahtbündels überzeugen kann. Was die einigermaassen verschiedene Entstehungsweise der magneto-elektrischen Ströme anlangt, indem die Stromesschwankungen nicht plötzlich, wie bei den volta-elektrischen erfolgen, auch die Stromstärke nicht völlig auf Null sinkt, sondern ein allmäliges An- und Abschwellen der Stromstärke statthat, so wird diese kleine Verschiedenheit durch eine Vorrichtung des Commutators wieder beseitigt, welche

darin besteht, dass die Kämme des einen Cylinders die des anderen um Etwas überragen. Es wird daher bei jeder ganzen Umdrehung des Commutators zweimal der Moment eintreten, wo die beiden Cylinder metallisch verbunden und also der Inductionskreis vollkommen geschlossen ist. Sobald aber der eine Zahn der Feder von dem einen Cylinder abtritt, entsteht durch das plötzliche Verschwinden des vorher dagewesenen Stromes ein kräftiger Extracurrent, und dieser ist es, dem die beträchtliche physiologische Wirkung dieser Apparate zuzuschreiben ist. Es verhält sich also ein auf diese Weise erhaltener magneto-elektrischer Inductionsstrom dem primären Strome oder Extrastrome eines volta-elektrischen Apparates in physiologischer Hinsicht vollkommen analog, und die etwa sich ergebenden Unterschiede in der Wirkung können nur in der Verschiedenheit der Spiralen liegen oder in der Art der Unterbrechung, nicht aber in dem Principe der magneto-elektrischen Induction.

Es folgt in Kürze eine vergleichende Uebersicht der Apparate der beiden Arten, wie sie bisher zu therapeutischen Zwecken gebraucht wurden.

Unter den volta-elektrischen Apparaten begegnen wir zuerst einer Anzahl, die gegenwärtig fast nur mehr historisches Interesse haben, und daher auch nur in aller Kürze hier erwähnt werden. Einer der ersten, zu medicinischen Zwecken construirten Apparate ist der auf Veranlassung des Dr. Güterbock, nach der Angabe von Professor Magnus ausgeführte (siehe dessen Abbildung und Beschreibung in: Froriep's Beobachtungen über die Heilwirkungen der Elektricität. Vorr. S. XXVI). Derselbe besteht aus einer doppelten, auf einen hohlen Holzcylinder aufgewundenen Inductionsspirale, in deren Centrum ein Bündel Eisenstäbchen zur Stromverstärkung eingelegt werden kann, einem Zink-Kupferelemente und einem zwischen diesen beiden angebrachten gezahnten Drehrade, womit die Unterbrechung und Wiedererneuerung des primären Stromes bewerkstelligt wird. Ganz in derselben Art construirt ist auch der Rauch'sche Inductionsapparat, bei dem der primäre Strom ebenfalls durch ein gezahntes Rädchen, auf dessen Zähnen eine Metallfeder schleift, auf mechanische Weise unterbrochen und wieder geschlossen wird. Einen sehr kräftigen Inductionsstrom

zweiter Ordnung soll der von Professor Hessler angegebene und von Mechanicus Spitra in Prag ausgeführte Apparat liefern (Beschreibung und Abbildung: Prager Vierteljahrschrift etc. 1844, S. 61, von J. Löschner). Der Apparat trägt eine grosse nutzlose Verschwendung von Kupfer zur Schau, indem der Draht für die erste Spirale ein Pfund schwer und eine Linie dick, der für die zweite Spirale aber bei $^1/_3$ bis $^1/_2$ Linie Querdurchmesser ein Gewicht von vier Pfund hat. Die Stromunterbrechung geschieht ebenfalls mittelst eines sternförmigen Rädchens, welches jedoch nicht durch Umdrehen mit der Hand, wie bei den zwei vorhergenannten, sondern durch ein eigens hiezu angebrachtes Federwerk in Bewegung gesetzt wird. Um die Unterbrechungen langsamer oder rascher zu bewerkstelligen, werden verschiedene Rädchen mit einer grösseren oder geringeren Anzahl von Zacken je nach Bedürfniss verwendet. Aehnlich diesem Apparate, jedoch mit etwas weniger umfangreicher Spirale ist auch der von den Gebrüdern Breton construirte volta-elektrische Inductionsapparat, dessen Bewegung ebenfalls durch ein Uhrwerk geschieht.

Gewissermaassen Epoche machend auf dem Gebiete der elektrischen Induction ist der von Neef construirte Apparat (siehe Eisenloher's Physik. III. Aufl. S. 645), der in einer Beziehung mit dem vorhergenannten übereinstimmt, als er ebenfalls aus zwei auf einander gewundenen Inductionsspiralen besteht, jedoch insofern von den übrigen abweicht, als er mit einer äusserst sinnreich construirten Vorrichtung verbunden ist, vermittelst welcher der Apparat sich selbst in Thätigkeit zu versetzen und stundenlang zu erhalten vermag. Diese schon im ersten Abschnitte S. 52 näher beschriebene Vorrichtung diente als Grundlage für alle bis jetzt construirten volta-elektrischen Apparate, und die ebenfalls vorgenommenen Abänderungen betreffen nicht das Princip, sondern nur die Form, und beziehen sich ausser einigen unbedeutenden Veränderungen in der Form oder Stellung des Hammers grösstentheils auf das Reguliren der Unterbrechungen. Der erste Apparat der Art, bei dem die letztgenannte Absicht angestrebt wurde, ist der von Neef und Wagner construirte Apparat (Abbildung und ausführliche Beschreibung in Pouillet's Lehrbuch der Physik von Müller, sowie in fast allen physikalischen Lehr- und

Handbüchern), der, obwohl in der äusseren Form von seinem Vorgänger sehr verschieden, doch ganz dasselbe Princip in zweckmässiger Weise ausgeführt darstellt. Eine an dem Unterbrecher angebrachte Schraube gestattet ein theilweises Modificiren der Unterbrechungsgeschwindigkeit.

Es kommen nun eine beträchtliche Anzahl von Inductionsapparaten, die eine mehr oder minder glückliche Abänderung des Neef-Wagner'schen Apparates zur Schau tragen, wie der von Kreller in Würzburg, Dujardin, Hassenstein, Wolf, Dankwerth in Hannover, der frühere von Heller in Nürnberg*) u. v. a. m. Eine besondere Erwähnung verdient aus mehrfachen Gründen, wie wir sogleich sehen werden, der Du Boi-Reymond'sche Apparat, wie er von den Mechanikern Siemens und Halske in Berlin verfertigt wird (siehe Abbildung und Beschreibung in Eckhard's Grundzügen der Physiologie des Nervensystemes, S. 31). Einer der Hauptunterschiede des Apparates besteht darin, dass die beiden Drahtspiralen isolirt sind, indem jede auf einer besonderen Holzspuhle aufgewunden ist, von denen die für den secundären Strom in ihrem Centrum ausgehöhlt und über die des primären Stromes hin- und zurückgeschoben werden kann, so dass sie diese ganz oder theilweise bedeckt. Die Spirale des primären Stromes ist auf einer ebenfalls hohlen, in ihrem Inneren mit isolirten Eisendrähten ausgefüllten Holzspuhle aufgewunden und in horizontaler Lage an einem senkrecht stehenden Brettchen befestigt. Zwischen diesem und dem galvanischen Elemente, also auf dem der secundären Spirale entgegengesetzten Ende des Apparates, ist die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen des Stromes angebracht. Diese besteht aus zwei kleinen, in Hufeisenform neben einander stehenden und an dem unteren Ende mit einander verbundenen, etwa federkieldicken Eisenstäbchen, die von dem einem verlängerten Ende des primären Drahtes umwunden sind und einen Elektromagneten darstellen. Dieser dient dazu, ein über ihm angebrachtes federndes Eisenplättchen, wenn der Strom geschlossen ist, anzuziehen, wodurch sich dessen Feder

*) Heller hat die frühere Form seiner Apparate aufgegeben, und bei seinen jetzigen Apparaten die vom Verfasser angegebene Construction in Anwendung gebracht. Hiervon später.

von einer Schraubenspitze entfernt, mit der sie früher in Berührung war, und den Strom unterbricht. Mit dem Verschwinden des Stromes verschwindet auch der Magnetismus des Elektromagneten, in Folge davon lässt er das Eisenplättchen wieder los und dessen Feder kehrt wieder zur Schraubenspitze zurück, schliesst den Strom neuerdings u. s. f. So federt denn das Eisenplättchen, so lange das Element mit dem Apparate in Verbindung ist, zwischen der Schraube und dem Elektromagneten in verticaler Richtung hin und her, und bewerkstelligt auf diese Weise das Oeffnen und Schliessen des primären Stromes.

Das Reguliren der Stromstärke geschieht durch Hin- und Zurückschieben der beweglichen Spirale. Der secundäre Strom ist am stärksten, wenn diese vollkommen die Spirale des primären Stromes bedeckt, und wird durch Abziehen derselben in gleichem Verhältnisse mit dem Entfernen der Spiralen von einander geschwächt. Diese Einrichtung gestattet ein sehr bequemes und einfaches, jeder Abstufung fähiges Reguliren des secundären Stromes, von der vollen Stärke bis zum gänzlichen Verschwinden desselben. Auch der primäre Strom oder der Extracurrent kann auf dieselbe Weise regulirt werden. Derselbe ist am schwächsten, wenn die secundäre Spirale im geschlossenen Zustande die des primären Stromes vollkommen bedeckt, und nimmt mit dem Abziehen dieser allmälig an Stärke zu. Eine kleine Verstärkung desselben kann auch darüber hinaus noch erzielt werden, wie ich bereits gezeigt habe, wenn die zuvor geschlossene Spirale nunmehr geöffnet über die erste hingeschoben wird, so dass das Maximum erhalten wird, wenn die beiden Spiralen sich vollkommen decken. Der Grund dieser Erscheinung wurde S. 39 erwähnt. Es scheint, diese Art und Weise, den primären Strom zu reguliren, nicht in der Absicht der Verfertiger gelegen zu sein, da die in der neuesten Zeit von ihnen construirten Apparate zu diesem Zwecke mit einem verschiebbaren Eisendrahtbündel versehen sind.

Der eben beschriebene Apparat hat vor allen den vorhergenannten den Vorzug, dass seine Ströme eine beträchtliche Stärke besitzen, dass er sowohl die Anwendung des primären als des secundären Stromes gestattet, und dass beide Ströme in Anbetracht ihrer Stärke jeder beliebigen Modification fähig

sind. Es hat aus diesem Grunde auch das von Du Boi zuerst in Anwendung gebrachte Princip der Stromregulirung in der Neuzeit vielfache Nachahmung gefunden. So begegnen wir demselben in dem von E. Stöhrer construirten Apparate, sowie in dem von Erdmann angegebenen. (Beide sind beschrieben und abgebildet in: Duchenne-Erdmann, die örtliche Anwendung der Elektricität etc., S. 48 und 58.) Der letztere repräsentirt in seinen wesentlichen Eigenschaften vollkommen den Du Boi'schen Apparat, und unterscheidet sich von diesem nur insofern, als das Element, wie wir es bei dem Duchenne'schen Apparate sehen werden, unter der Inductionsspirale in einem Schubfache, also in dem Apparate selbst, angebracht ist. Ausserdem ist an der Seite der Spiralen auf dem Gestelle des Apparates eine Scala angebracht, um daran den Grad der Abschwächung oder Verstärkung abzulesen. Bei dem Stöhrer'schen Apparate sind die Spiralen*) ebenfalls wieder analog dem Du Boi'schen construirt, der Stromunterbrecher aber ist verschieden. Er besteht aus einem schmalen, etwa fingerlangen Eisenplättchen, welches sich um eine, in der Mitte angebrachte, horizontalstehende Axe bewegt. Das eine Ende liegt auf dem Elektromagneten auf, während das andere mit einer platinirten Schraube versehen ist, deren Spitze, wenn der entgegengesetzte Theil von dem Elektromagneten sich entfernt, mit einem Platinplättchen in Berührung kommt, welches am Ende einer unter dem Hammer angebrachten Metallfeder befestigt ist. Dieses Plättchen und mit ihm die Feder kann durch eine weitere Schraube beliebig fixirt werden, wodurch die Federkraft jener nach Belieben in und ausser Wirksamkeit gesetzt werden kann. Die niederziehende Bewegung des Hammers, wenn der Magnetismus verschwindet, und somit einerseits das Entfernen desselben vom Elektromagneten, und andererseits das Schliessen des Stromes besorgt eine zwischen der Axe und

*) Stöhrer fügt seinen Inductionsapparaten zwei Spiralen für den secundären Strom bei, deren Drähte verschiedene Dicke besitzen, und demnach auch Ströme von verschiedener Spannung erzeugen. Wir haben aber oben gesehen, dass wir diese Verschiedenheit in der Spannung der Ströme schon in dem primären und secundären Strome besitzen, und dass deshalb eine dritte Spirale überflüssig ist.

der Platinschraube angebrachte Spiralfeder, welche selbst wieder durch eine eigene Schraube stärker angespannt oder relaxirt werden kann.

Diese Vorrichtung, und hier besonders die unter dem Hammer angebrachte Metallfeder, hat den Zweck, die Unterbrechungsgeschwindigkeit zu reguliren. Ist diese durch eine Schraube fixirt und so ausser Wirksamkeit gesetzt, so folgen sich die Unterbrechungen langsamer; kann sich die Feder aber frei bewegen, so dient sie dazu, zwischen den einzelnen Unterbrechungen durch ihr Fibriren nochmals eine Reihe von Unterbrechungen hervorzurufen. Was noch eine zweite Anforderung betrifft, der diese Feder entsprechen soll, scheint mir diese auf einem physikalischen Irrthume zu beruhen. Die Feder soll nämlich dadurch, dass sie der auf sie drückenden Schraubenspitze nachgiebt, ein längeres Geschlossenhalten der Kette zwischen der Hammerbewegung bezwecken, wodurch eine nicht näher erklärte Verschiedenheit in dem Wesen und in der Wirkung dieser Ströme auf den Organismus erzielt werden soll. Es ist hier nicht einzusehen, welche Wirkung eine geschlossene Kette auf den Inductionsstrom ausüben soll. Bekanntlich entstehen inducirte Ströme nur durch Entstehen und Verschwinden elektrischer Ströme, nie aber bei gleichmässig vorhandenem Strome; es wird also, so lange der galvanische Strom in der primären Spirale vorhanden, weder in dieser noch in der Spirale des secundären Stromes ein Strom inducirt werden können, sondern die inducirende Wirkung beginnt erst wieder im Momente des Verschwindens des ursprünglichen Stromes. Die Zeitdauer des Kettenschlusses hat auch auf den nächstfolgenden Inductionsstrom gar keinen Einfluss; die Kette mag längere Zeit oder nur einen Moment geschlossen gewesen sein, der bei ihrem Oeffnen entstehende Inductionsstrom ist ceteris paribus ganz derselbe. Es kann also auch nicht von momentanen Strömen die Rede sein und von solchen von längerer Zeitdauer, da sie nur momentan und in gleichen Spiralen und bei gleichen inducirenden Kräften immer auch von gleicher Dauer sind.

Das den Apparat in Thätigkeit setzende Element ist ebenfalls, wie bei dem vorhergehenden, nach dem Muster des Duchenne'schen in einem Schubfache in dem Kasten des Appa-

rates selbst angebracht, unterscheidet sich aber zu seinem Vortheile von diesem dadurch, dass es nicht mit Salpetersäure, sondern mit einer Mischung von Braunstein und verdünnter Schwefelsäure oder mit Chromsäure in Thätigkeit gesetzt wird. Es besteht aus einer mit verdünnter Schwefelsäure getränkten Kohlenplatte, welche in einem flachen Glas- oder Porcellanbehälter liegt, auf die Kohle wird gepulverter Braunstein oder Chromsäure geschüttet, das Ganze noch etwas mit Schwefelsäure befeuchtet, so dass sich ein etwa Messerrücken dicker Brei auf der Kohle bildet. Darauf wird eine ebenso befeuchtete Filzplatte gelegt und auf diese eine amalgamirte Zinkplatte. An Zink und Kohle sind platinirte Federn angebracht, welche die Communication der erzeugten Ströme mit dem Apparate bewerkstelligen.

Als ein sehr vollkommener, wenn auch für den ärztlichen Gebrauch etwas zu complicirter Apparat verdient der Duchenne'sche erwähnt zu werden (Abbildung und Beschreibung l. c. S. 128). Derselbe besteht aus einer gewöhnlichen doppelten Inductionsspirale, beide Drähte auf einander gewunden, von beträchtlicher Länge, der für den primären Strom 1 Millimeter, der secundäre $^1/_2$ Millimeter dick. In dem Centrum der Spirale befindet sich ein Bündel weicher Eisendrähte. An dem einen Ende der horizontal auf einem Kästchen befestigten Rolle ist die Vorrichtung zum Unterbrechen des Stromes angebracht, ein modificirtes Neef'sches Hämmerchen (trembleur), bestehend aus einer viereckigen Platte von weichem Eisen, welche von einem Querbalken gehalten und an dem oberen Theile in einer Charniere beweglich ist, und einer Schraube, gegen deren platinirte Spitze die Eisenplatte von einer kleinen Metallfeder angedrückt wird. An dem anderen Ende der Inductionsrolle ist ein hohler Kupfercylinder (le graduateur) über dieselbe geschoben, der an seinem geschlossenen Ende vermittelst einer dort angebrachten Handhabe über die Rolle hin- und zurückgeschoben werden kann, so dass er diese entweder ganz oder nur theilweise bedeckt. An demselben Ende befindet sich eine etwa sechs Zoll lange, mit Wasser gefüllte Glasröhre (le modérateur), welche an ihrem einen Ende mit einem Metallboden geschlossen ist, während an dem anderen ein beweglicher Kupferdraht hineinragt, eine Vorrichtung, die wir bereits ken-

nen gelernt haben. Diese, sowie der Kupfercylinder sind zum Reguliren der Stromstärke bestimmt, erstere für den primären Strom, auf den der Kupfercylinder keinen Einfluss äussert, während dieser, je weiter er über die Rolle geschoben wird, die Stärke des secundären Stromes in gleichem Verhältnisse mit der Anzahl Windungen, die er bedeckt, abschwächt, und im vollkommen geschlossenen Zustande auf ein Minimum reducirt.

Die mit den beschriebenen Vorrichtungen versehene Inductionsrolle ist, wie erwähnt, auf einem Kästchen befestigt, welches mit zwei, durch eine Zwischenwand von einander getrennten Schubfächern versehen ist. Das untere, dessen ganze innere Fläche mit Firniss bestrichen, ist zur Aufnahme des Elementes bestimmt, bestehend aus einem Behälter von Zinkblech, von der Grösse und Form des Schubfaches, in welchem eine mit Salpetersäure getränkte Kohlenplatte liegt. Diese liegt unmittelbar ohne Diaphragma auf dem Boden des mit Kochsalzlösung gefüllten Zinkbehälters auf. In dem oberen Schubfache ist eine Vorrichtung zum Messen der Stärke des galvanischen Stromes (le rhéomètre magnetique) angebracht, eine Magnetnadel, die sich in horizontaler Richtung auf einer in 360 Grade getheilten Metallscheibe bewegt. Aus der Grösse der Nadelablenkung ergiebt sich dann die Stärke der magnetisirenden Kraft des Stromes. Es wäre jedoch eine irrige Ansicht, zu glauben, dass vermittelst eines solchen Galvanometers die Stärke inducirter Ströme gemessen werden könnte. Wir haben aber schon gesehen, dass die magnetisirende Kraft eines elektrischen Stromes im Allgemeinen und inducirter Ströme insbesondere mit deren physiologischer Wirkung nicht im Einklange steht, indem die Grösse dieser von ganz anderen, bei den Gesetzen der elektrischen Reizung S. 73 erwähnten Umständen abhängt, und dass daher ein Galvanometer zum Messen der Stärke inducirter Ströme nicht verwendbar ist. Es wird das, wie vorauszusehen, von Duchenne auch nicht beabsichtigt. Er benutzt diese Vorrichtung nur, die allenfalls sich ergebenden Schwankungen der Stromstärke, soweit sie in dem Elemente selbst zu suchen sind, zu erkennen, und auf diese Weise ein vollkommen genaues Dosiren der Stromstärke seines Apparates zu ermöglichen. So sinnreich diese Vorrichtung

an und für sich auch ist, so ist sie doch für Apparate zum ärztlichen Gebrauche überflüssig, indem es hiebei auf so geringe Unterschiede, wie sie etwa bei feineren physiologischen Experimenten in Betracht kommen, nicht ankommt. Ueberdies macht sie den Apparat complicirter und dadurch kostspieliger. Ueber dem Hammer ist noch ein gezahntes Rad angebracht, um vermittelst einer Handhabe durch Drehen desselben das Oeffnen und Schliessen der Kette nach Willkür bewerkstelligen zu können. Das sind im Wesentlichen die einzelnen Theile des Apparates — eine ausführlichere Beschreibung siehe am angegebenen Orte. Dass die einzelnen Theile zweckentsprechend unter einander verbunden sind, dass jeder der beiden Spiralen mit besonderen Klemmschrauben zum Einlegen der Leitungsschnüre versehen u. s. w., versteht sich von selbst.

Trotzdem dieser Apparat verhältnissmässig sehr kräftige Ströme liefert, so glaubte doch Duchenne in manchen Fällen, wie bei traumatischen Nervenlähmungen, wo die elektrische Erregbarkeit der Nerven sehr gesunken, damit nicht ausreichen zu können, und er construirte zu diesem Zwecke einen Apparat mit noch längeren Spiralen, um damit eine möglichst grosse Stromstärke zu erreichen und allen Indicationen genügen zu können. Dieser Apparat unterscheidet sich von seinem Vorgänger durch eine sehr zweckmässige und lobenswerthe Vereinfachung seiner Construction, durch eine grössere Intensität seiner Ströme, also durch eine grössere Anzahl von Windungen der Spiralen*) und durch eine etwas veränderte Vorrichtung zum Reguliren der Stromstärke, die darin besteht, dass auch der primäre Strom durch einen besonderen, im Inneren der Spirale über das Eisenbündel geschobenen Kupfercylinder abgeschwächt werden kann. Eine weitere Abänderung betrifft noch das Unterbrechungssystem, mit welchem durch eine Feder, die vermittelst einer Schraube beliebig in und ausser Wirksamkeit gesetzt werden kann, sowohl Vibrationen des Hammers, also sehr rasche, sowie auch langsame Schläge erhalten werden können. Das erregende Element ist bei dieser Form auch

*) Die Länge der Spiralen, resp. die Anzahl ihrer Windungen ist in Duchenne's Buch nicht angegeben. Die Drahtdicke beträgt für den primären Strom $1\frac{1}{2}$, für den secundären Strom $\frac{1}{2}$ Millimeter.

nicht mit dem Apparate selbst vereinigt, wie bei dem vorhergehenden, sondern zwei seitlich angebrachte Klemmschrauben, die mit den Enden der ersten Spirale communiciren und zur Aufnahme der Leitungsdrähte des Elementes dienen, gestatten die Anwendung eines oder mehrerer beliebig zu wählender Elemente.

Ich habe nun die gebräuchlichsten der volta-elektrischen Inductionsapparate beschrieben, wie sie zu therapeutischen Zwecken gebraucht wurden, und theilweise heut zu Tage noch im Gebrauche sind. Es folgt jetzt die Beschreibung eines auf meine Veranlassung und nach meiner Angabe von Herrn Mechaniker Heller dahier verfertigten Apparates, zu dessen Construction mich einige Mängel der bereits zum ärztlichen Gebrauche vorhandenen Apparate bestimmten. Ich bediente mich in der ersten Zeit zu meinen Versuchen in dem Gebiete der Elektrotherapie ausschliesslich nur des Du Boi'schen Apparates, dessen Construction ich eben beschrieben habe, und der damals auch unter allen mir bekannten deutschen Apparaten zu diesem Zwecke am geeignetsten mir erschien. Derselbe hat nur den einen, in manchen Fällen nicht unwesentlichen Nachtheil, dass die Unterbrechungen des Stromes allzu rasch sind, und in dieser Beziehung keiner genügenden Modification fähig sind. Dieser Grund war es besonders, der mich zur Construction meines Apparates bestimmte, ausserdem wollte ich noch einen kräftigeren Extrastrom besitzen, als ihn der Du Boi'sche Apparat liefert, worauf denn auch bei Anfertigung des Apparates besondere Rücksicht genommen wurde.

Der Inductionsapparat des Verfassers

(Abbildung Fig. I.)

ist, wie die Abbildung zeigt, auf dem oberen Theile eines mit einem Deckel verschliessbaren Kästchens von Holz angebracht. Er besteht aus der Inductionsrolle, Fig. I *A*, der Unterbrechungsvorrichtung mit dem Hämmerchen *D*, und dem zum Abschwächen des Stromes bestimmten und mittelst einer Handhabe verschiebbaren hohlen Kupfercylinder *C*. Die Inductionsrolle wird von zwei auf einander gewundenen Spiralen aus übersponnenem Kupferdraht gebildet. Der Draht der unteren Spirale, welche den primären Strom (Extracurrent)

liefert, ist 120 Meter lang, 1 Millimeter dick und ist in circa 600 Windungen auf eine Papprolle von $2^1/_2$ Centimeter Dicke und 8 Centimeter Länge aufgewunden. Der Draht der oberen Spirale für den secundären Strom hat eine Länge von 680 Meter, einen Querdurchmesser von 0,27 Millimeter und bildet 3650 Windungen. Die centrale Höhlung der Inductionsrolle ist mit einem Bündel durch Firniss wohl isolirter Drähte aus weichem Eisen ausgefüllt, in deren Mitte ein etwa rabenfederdickes Eisenstäbchen sich befindet, das an einem Ende der Rolle, an dem die Unterbrechungsvorrichtung angebracht ist, aus jener hervorragt, *Q*, und als Elektromagnet für das gegenüberstehende Hämmerchen dient. Ueber dieses Eisendrahtbündel bewegt sich nun, wie erwähnt, ein nach Centimetern graduirter Kupfercylinder, der, wenn er das Drahtbündel vollkommen bedeckt, die verstärkende Wirkung desselben auf den Extrastrom verhindert und diesen somit auf ein Minimum reducirt. Die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen des primären Stromes besteht zunächst aus einem Eisenhämmerchen *D* von circa 10 Gramm Gewicht, welches sich an einer schwachen Messingfeder *E* in horizontaler Richtung bewegt. Auf der Mitte der Feder, also zwischen dem Drehungspunkte derselben *O* und dem Hämmerchen ist ein kleiner Platinstift befestigt, der die gegenüber befindliche Platinplatte *F* berührt. Diese selbst kann vermittelst einer Messingschraube *S* von dem Platinstift entfernt oder demselben genähert werden, wodurch der Raum, in welchem sich der Hammer bewegt, verlängert oder verkürzt wird. Unmittelbar vor der Unterbrechungsvorrichtung befinden sich zwei Klemmschrauben *II* und *I*, in welche die Leitungsdrähte des Elementes eingelegt werden. Zur Benutzung des primären Stromes befestigt man die betreffenden Leitungsschnüre in die Klemmen *K* und *L*, während die an dem entgegengesetzten Ende der Rolle befindlichen Schrauben *M* und *N*, welche mit den Enden der oberen Spirale communiciren, den secundären Strom liefern.

Die Theorie des Apparates wird am leichtesten verständlich werden, wenn wir denselben in Thätigkeit befindlich und die einzelnen Theile desselben in ihrer Function betrachten.

Als Elektricitätsquelle zur Erregung des Inductionsapparates dient ein beliebiges constantes Element (ich verwende hiezu ein kleines modificirtes Bunsen'sches S. 17). Gesetzt

nun, der Leitungsdraht des + Poles würde in *H* eingelegt, der — in *I*, so wird der Strom von *H* aus, welches mit dem einen Ende der unteren Spirale in Verbindung ist, auf diese überströmen, die einzelnen Windungen derselben durchlaufen, und bei der Schraube *L*, welche mit dem anderen Spiralende communicirt, wieder zum Vorschein kommen. Von da begiebt sich der Strom durch das horizontale kleine Säulchen *O*, welches als Befestigungspunkt für die Feder des Hämmerchens dient, auf die Feder selbst, durchläuft diese bis zu dem in ihrer Mitte angebrachten Platinstifte, von welchem aus er auf die kleine Platinplatte *F* und durch die Klemmschraube *I* zum — Pole des Elementes zurückkehrt. Nachdem wir nun den Verlauf des Stromes kennen gelernt haben, so ergiebt sich dessen Wirkung auf die einzelnen Theile des Apparates, und somit die Function derselben von selbst, nämlich: im Momente des Kettenschlusses, der bei dem eben beschriebenen Vorgange erfolgt, kreist in der unteren Spirale ein galvanischer Strom, welcher nach den Gesetzen des Elektromagnetismus das in dem Centrum der Spirale befindliche Eisendrahtbündel magnetisirt. Das in der Mitte des Bündels steckende Eisenstäbchen, welches bei *Q* etwa eine Linie lang hervorragt, wird daher gleichfalls magnetisch, und zieht das gegenüber stehende eiserne Hämmerchen an, wodurch sich der Platinstift der Feder *E* von dem Platinplättchen *F* entfernt und dadurch die Kette öffnet. Mit dem Oeffnen der Kette verschwindet der Strom aus der Spirale, das in ihr steckende Eisenbündel verliert seinen Magnetismus, das hervorragende Eisenstäbchen *Q* lässt das Hämmerchen los und der Platinstift der Feder kommt mit dem Platinplättchen *F* wie vorher wieder in Berührung, um die Kette neuerdings zu schliessen. Auf diese Weise wird nun die Kette beständig geöffnet und wieder geschlossen, und dabei jedesmal ein Strom in beiden Spiralen inducirt. Alle diese inducirten Ströme haben entgegengesetzte Richtung, so dass der beim Schliessen entstehende Inductionsstrom der unteren Spirale (der Extrastrom) dem Oeffnungsstrom in derselben Spirale entgegenläuft. Aus den im ersten Abschnitte S. 29 erwähnten Gründen kann jedoch bei der Anwendung des primären Stromes immer nur vom Oeffnungsstrome die Rede sein, und sind daher auch die zur Anwendung kommenden Ströme

der ersten Spirale stets gleich gerichtete*). Die Ströme der zweiten Spirale verlaufen ebenfalls in entgegengesetzter Richtung, und zwar in doppelter Hinsicht, entgegengesetzt unter sich, d. h. die Oeffnungsströme entgegen den Schliessungsströmen und entgegen den Strömen der unteren Spirale, den primären Strömen. In galvanometrischer Beziehung ist die Stärke des Oeffnungs- und Schliessungsstromes der zweiten Spirale gleich, nicht aber in physiologischer und besonders in medicinischer Hinsicht. Hier ist die Wirkung des Schliessungsstromes gegenüber der des sehr kräftigen Oeffnungsstromes eine so verschwindend kleine, dass wir auch hier nur von der Wirkung eines Stromes reden können, und das ist der Oeffnungsstrom. Es ist aus diesem Grunde daher unzulässig, von dem Richtungswechsel der secundären Ströme in genannter Hinsicht eine verschiedene Wirkung erwarten zu wollen, oder dadurch die Verschiedenheit der Wirkung des secundären und des primären Stromes erklären zu wollen. Ich verweise in dieser Beziehung auf S. 50, wo die Wirkungsunterschiede dieser beiden Ströme und deren Ursache besprochen wurden.

Es werden also bei jeder Unterbrechung der Kette Ströme in den beiden Spiralen inducirt, die beliebig zur Anwendung gebracht werden können. Zur Benutzung des primären legt man die Bildungsschnüre mit den betreffenden Conductoren in die Klemmschrauben KL, während die Klemmschrauben MN, welche mit den Enden der zweiten Spirale in Verbindung sind, die Anwendung des secundären Stromes vermitteln. Die Schrauben K und L sind so angebracht, dass zwischen beiden die Unterbrechungsstelle liegt, indem nur auf diese Weise die Gewinnung eines primären Stromes ermöglicht wird. Die Schraube K, welche mit dem Platinplättchen F leitend verbunden ist, liegt also vor der Unterbrechungsstelle, d. h. zwischen dieser

*) Bei den primären Strömen ist wohl zu unterscheiden zwischen den Strömen, wie sie in der Spirale verlaufen, und denen, welche zur Anwendung gebracht werden können. Jene sind stets entgegengesetzt, d. h. der Schliessungsstrom läuft dem Oeffnungsstrome entgegen. Da aber nur bei offener Kette ein Strom die Spirale verlassen kann, und alle Oeffnungsströme nach einer und derselben Richtung verlaufen, so ist in physiologischer und medicinischer Beziehung der primäre Strom, seine Richtung anlangend, als unwandelbar zu betrachten.

und dem einen Pole des Elementes, die Schraube *L*, welche mit dem einen Spiralende in unmittelbarer Verbindung steht, liegt hinter der Unterbrechungsstelle, und zwischen ihr und dem anderen Polende befindet sich die Spirale. Es wird somit der beim Oeffnen des Elementes in der Spirale inducirte Strom seinen Weg stets durch den eingeschalteten Körper nehmen müssen, wobei die Richtung, in welcher er den Körper durchsetzt, von der Richtung des galvanischen Stromes abhängt. Wird der + Pol des Elementes mit *H* verbunden, so entspricht *K* dem +, *L* dem — Pole des primären Stromes, im entgegengesetzten Falle repräsentirt *L* den + und *K* den negativen Pol dieses Stromes.

Eine besondere Besprechung erheischen noch folgende Theile des Apparates:

Die Vorrichtung zum Unterbrechen des Stromes besteht, wie die Abbildung Figur 1 zeigt und wie theils schon erwähnt, aus dem dem Elektromagneten *Q* gegenüberstehenden und bei *O* befestigten federnden Eisenhämmerchen *D*, welches in horizontaler Richtung schwingt und auf der Mitte der Feder einen kleinen Platinstift trägt, dessen Spitze das gegenüberstehende Platinplättchen *F* berührt. Dieses wird von einer im Gestelle des Apparates senkrecht befestigten Messingfeder *R* getragen. Diese Feder wird von der Schraube *S* durchbohrt, welcher ein hinter ihr angebrachtes kleines Stativ als Mutter dient. Wird die Schraube angezogen, so wird die kleine Platinplatte dem Platinstifte allmälig genähert, bis sie ihn endlich berührt, wodurch das zwischen dem Platinstifte und dem Elektromagneten zuvor frei schwingende Hämmerchen auch diesem näher gebracht wird. Es wird also durch Anziehen der Schraube *S* der Raum, in welchem sich das Hämmerchen mit seiner Feder bewegt, verkürzt, wodurch im gleichen Maasse auch die Stromunterbrechungen verschnellert werden. Beim Aufdrehen der Schraube findet das umgekehrte Verhältniss statt, d. h. das Platinplättchen entfernt sich wieder von der Feder des Hammers, dadurch wird der Spielraum desselben wieder vergrössert, und folglich auch dessen Bewegung verlangsamt. Auf diese Weise können durch Drehen der Schraube *S* Unterbrechungen von der verschiedensten Geschwindigkeit erhalten werden, von dem raschesten Vibriren

des Hammers bis zu einem Minimum von drei bis zwei Unterbrechungen in der Secunde. Der aufmerksame Beobachter wird auf den ersten Blick wahrnehmen, welche Einrichtung des Stromunterbrechens es ist, die bei der Einfachheit seiner Construction eine so beträchtliche Modification in der Unterbrechungszeit der Ströme ermöglicht. Es ist zunächt die Eigenschaft des Hammers, in horizontaler Richtung zu schwingen. Die Feder des Hammers ist so gestellt, dass bei dem ziemlich beträchtlichen Gewichte desselben dieses nicht hinderlich auf die Federkraft wirken kann. Der Hammer bewegt sich in freien, ungehinderten Schwingungen zwischen dem Elektromagnete und dem Platinstifte, und sein Volumen lässt es zu, dass der Elektromagnet auch noch aus einer beträchtlichen Entfernung auf ihn einwirkt. Andererseits kommt auch gerade das Gewicht des Hammers den langen Schwingungen zu statten. Würde dasselbe kleiner sein, so würde der Hammer trotz seines mit Hülfe der Schraube *S* vergrösserten Spielraumes nur einen verhältnissmässig kurzen Weg zurücklegen; denn sobald die Berührung des Platinstiftes der Feder mit dem Platinplättchen aufhört, wodurch der Strom unterbrochen wird und der Magnetismus des Stäbchens *Q* verschwindet, würde der Hammer wieder in seine frühere Lage zurückkehren, ohne den ganzen Weg zwischen dem Platinplättchen und dem Elektromagneten zurückgelegt zu haben. So aber veranlasst ihn sein beträchtliches Gewicht, bei der grossen Elasticität seiner Feder seine jedesmalige Schwingung zu vollenden. Der Hammer wird also auch nach Verschwinden des Magnetismus aus dem Stäbchen *Q* seinen Weg noch bis zu diesem fortsetzen, bevor seine Feder wieder zu *F* zurückkehrt, und zwar in Folge seiner Schwungkraft.

Eine Einrichtung, die Herr Heller früher schon bei seinen Apparaten in Anwendung brachte, habe ich ihrer Zweckmässigkeit wegen auch bei meinem Apparate beibehalten. Bei den meisten Apparaten, auch bei dem Du Boi'schen, dient die Regulatorschraube für die Stromunterbrechungen mit der Mutter, in der sie läuft, zugleich als Leiter, d. h. der Strom muss unmittelbar durch die mit einem Platinstifte versehene Schraube und von ihr durch ihre Mutter seinen Weg nehmen, wobei es nicht selten geschieht, dass die Schraube nach längerem Ge-

brauche sich ausreibt, wodurch die leitende Verbindung zwischen ihr und der Mutter theilweise aufgehoben, und so der Apparat geschwächt wird. Dies wird beseitigt, wie die Abbildung zeigt, indem diese Schraube *S* nicht mit in den Kreis des Stromes eingeschaltet wird, so dass sie nur dazu dient, ein im Kreise befindliches Metallstück, die Platinplatte *E*, mit seiner kleinen Feder dem Hammer zu nähern oder von ihm zu entfernen.

Zum Abschwächen der Ströme, sowohl des primären wie des secundären Stromes, dient, wie erwähnt, der graduirte hohle Kupfercylinder *C*, der vermittelst einer Handhabe über das im Centrum der unteren Spirale befindliche Eisendrahtbündel hin- und zurückgeschoben werden kann. Ist der Cylinder ganz herausgezogen, so treten beide Ströme in ihrer vollen Stärke auf; wird derselbe allmälig wieder hineingeschoben, so nimmt die Stromstärke in gleichem Verhältnisse ab, bis diese, wenn der Cylinder wieder vollkommen hineingeschoben, derselbe also das Drahtbündel völlig bedeckt, auf ein Minimum reducirt ist. Es können auf diese Weise Ströme von verschiedener Stärke gewonnen werden, das Ab- und Zunehmen derselben findet allmälig und gleichmässig statt, und ist so einfach, dass das Reguliren der Stromstärke nöthigenfalls auch dem Patienten überlassen werden kann. Die Theorie der Wirkung eines solchen Cylinders wurde im ersten Abschnitte S. 40 bereits ausführlich besprochen, so dass ich ein weiteres Eingehen in die physikalischen Gründe, auf welchen seine Wirkung beruht, hier für überflüssig erachte.

Es wurde bereits schon erwähnt, dass diese Cylinder, obwohl in ihrer schwächenden Wirkung auf Inductionsströme schon früher bekannt, doch zuerst von Duchenne an seinen Apparaten zu diesem Zwecke in Anwendung gebracht wurden. Er hat an seinem Apparate, den er als den stärkeren bezeichnet, und der l. c. S. 142 etc. beschrieben und abgebildet ist, zwei solche Cylinder angebracht, den einen (le cylindre intérieur) im Centrum der Spirale für den primären Strom, und einen äusseren (le cylindre extérieur), der über die Inductionsrolle hin- und zurückgeschoben werden kann, zum Abschwächen des secundären Stromes, da er die Erfahrung machte, dass der äussere Cylinder allein, wie ihn seine zuerst construirten Appa-

rate haben, auf den primären Strom keinen Einfluss ausübt. Ich habe an meinem Apparate ebenfalls nur einen Cylinder angebracht, nämlich einen inneren, indem ich fand, dass derselbe sowohl zum Abschwächen des primären als des secundären Stromes vollkommen genügt. Es wurde im ersten Abschnitte S. 48 gezeigt, dass es hauptsächlich der verschwindende Magnetismus des Eisenbündels ist, der, wie bei dem primären Strome, auch die Intensität des secundären Stromes verursacht. Wir haben aber gesehen, dass durch den das Eisenbündel umgebenden Cylinder der verschwindende Magnetismus aus jenem verhindert wird, eine inducirende Wirkung auf die Spiralen auszuüben, indem der Cylinder einen besseren Leiter darbietet, und daher die Wirkung des Magnetismus gleichsam von dem Cylinder absorbirt wird. Es wird also durch den Cylinder die verstärkende Wirkung des Magnetismus vollkommen annullirt, und der Cylinder wirkt ebenso, als wenn gar kein Eisenbündel in der Spirale sich befände. Der Cylinder wirkt aber ausserdem noch schwächend auf den verschwindenden galvanischen Strom und den Extrastrom, welche bei ihrem Verschwinden ebenfalls, aber in viel geringerem Grade als der Magnetismus, inducirende Kräfte für den secundären Strom sind. Es wird also auch dem secundären Strome durch den inneren Cylinder der überwiegend grösste Theil seiner Inductionsquelle benommen, und der noch übrig bleibende Strom, auf welchen der Cylinder keine schwächende Einwirkung mehr auszuüben vermag, ist so schwach, dass ein noch weiteres Abschwächen desselben wohl nur in den seltensten Fällen nothwendig sein wird. Im Benöthigungsfalle wird ein eingeschalteter Neef'scher Glasröhrenmoderator, wie ihn Duchenne bei seinem Apparate zuweilen auch anwendet, diesem Zwecke entsprechen.

Das Element, dessen ich mich zur Erregung des Apparates bediene, ist ein kleines Bunsen'sches ohne Diaphragma, wie sie im ersten Abschnitte S. 17 beschrieben wurden. Ich gebe dieser Form für Inductionsapparate den Vorzug, da sich hiebei keine Dämpfe von salpetriger Säure entwickeln, und das Element sehr rasch und einfach in Stand gesetzt werden kann. Der Nachtheil, dass sie weniger constant bleiben, als die mit einem Thoncylinder versehenen und mit concentrirter Salpeter-

säure gefüllten, kommt hier nicht in Betracht, da ein wochen- oder gar monatelanges Gleichbleiben ihrer Thätigkeit hier nicht nöthig ist. Ausführliches hierüber ist am angegebenen Orte nachzulesen.

In dem Kästchen des Apparates befindet sich vorn ein Schubfach zur Aufnahme der nöthigen Conductoren, der Leitungsschnüre etc. Der von Herrn Heller dahier sehr gut und gewissermaassen elegant gearbeitete Apparat wird dem ärztlichen Bedürfnisse in jeder Weise vollkommen entsprechen. Herr Heller liefert denselben nebst allem nöthigen Zubehör zu dem verhältnissmässig sehr billigen Preise von 27 fl.

Von magneto-elektrischen Inductionsapparaten, Rotationsapparaten, besitzen wir ebenfalls eine beträchtliche Anzahl, die zum ärztlichen Gebrauche construirt und verwendet wurden. Ich erwähne in dieser Beziehung die Apparate von Pixii, Ettinghausen, Keil, Clark, Dujardin, Gebrüder Breton, Stöhrer und Duchenne. Der Apparat von Stöhrer muss unbedingt als der vorzüglichste unter allen den vorher genannten Apparaten erwähnt werden. Er ist äusserst einfach, am wenigsten complicirt, besitzt eine beträchtliche Leistungsfähigkeit und ist unter allen übrigen der billigste. Der Preis für einen kleineren ist 25 Thaler, für einen grösseren mit Zahnscheibe 36 Thaler. Was die Einrichtung dieses Apparates anbelangt, halte ich es für überflüssig, hier näher darauf einzugehen, da bei der Vorzüglichkeit desselben in jedem Handbuche der Physik eine ausführliche Beschreibung nebst Abbildung anzutreffen ist. Nur eine Einrichtung desselben will ich in Kürze berühren, die Stöhrer in neuerer Zeit an seinen Apparaten angebracht hat, nämlich die Zahnscheibe, welche dazu dient, in einer bestimmten Zeit eine grössere Anzahl von Unterbrechungen zu erhalten, als dies bei den früheren Apparaten der Fall war. Diese Vorrichtung besteht aus zwei von einander isolirten, auf der Welle des Apparates angebrachten Kupferscheiben von circa zwei Zoll im Durchmesser. Jede dieser Scheiben ist auf der Hälfte ihres Umkreises und zwar im entgegengesetzten Sinne zum anderen mit kleinen Zähnen versehen, deren Zwischenräume mit Emaille ausgefüllt sind. Die beiden Scheiben sind mit den beiden Metallcylindern des Commutators leitend verbunden, und auf ihrer Peripherie schleift

bei ihrer Umdrehung eine aufgeschlitzte Metallfeder. Dieses Unterbrechungssystem kann beliebig, je nachdem man eine grössere oder geringere Anzahl von Unterbrechungen haben will, ein- oder ausgeschaltet werden. Zur Benutzung desselben löst man die eine Feder des Commutators aus und lässt die Feder der Zahnscheibe auf dieser schleifen. Will man langsame Unterbrechungen, so bedient man sich der Commutatorvorrichtung allein, indem man die Zahnscheiben durch Indiehöheschrauben ihrer Feder aus dem Inductionskreise ausschliesst. Auf diese Weise werden die Unterbrechungen und somit die Anzahl der einzelnen Ströme, deren bei jeder ganzen Umdrehung des Commutators nur zwei geliefert werden, noch unzähligemal vervielfältigt, und es ist diese Vorrichtung immerhin als eine sehr sinnreiche Verbesserung zu betrachten (Abbildung und Beschreibung des Apparates in der erwähnten Form siehe in: Duchenne-Erdmann, Die örtliche Anwendung der Elektricität etc., Leipzig 1856, S. 60).

Duchenne's Rotationsapparat (abgebildet und beschrieben in dessen Werk: De l'électrisation localisée etc. p. 152 u. d. f.) ist sehr complicirt, dessen Anschaffung, wie Duchenne selbst zugiebt, etwas kostspielig, ohne dass er vor dem oben angeführten Stöhrer'schen wesentliche Vortheile besitzt, wenn man nicht etwa das als einen Vortheil betrachten will, dass derselbe Ströme erster und zweiter Ordnung liefert. Da wir aber die Bedeutung dieser beiden Ströme oder vielmehr den Grund ihrer Wirkungsverschiedenheit kennen gelernt und gesehen haben, dass derselbe nur in verändertem Leitungswiderstande der Spiralen besteht, so verliert diese Einrichtung in unseren Augen an ihrem Werthe, um so mehr als man durch Anwendung verschiedener Inductionsrollen, wie Stöhrer auf Verlangen sie seinen Apparaten beifügt, zu demselben Resultate gelangen kann. Ich unterlasse aus diesem Grunde eine Beschreibung des Apparates und verweise in dieser Hinsicht auf Duchenne's Buch. Verlasse damit auch den Abschnitt über magneto-elektrische Apparate, da dieselben besonders in neuerer Zeit durch ihre Zwillingsschwester, die volta-elektrischen Apparate, verdrängt und vollkommen entbehrlich gemacht wurden. So viel Aufsehen eine Zeit lang auch von der Vorzüglichkeit der Rotationsapparate gegenüber den volta-elektrischen ge-

macht wurde, so findet man bei genauer Prüfung derselben und bei vorsichtiger Würdigung ihrer Leistungsfähigkeit, dass diese hervorgehobenen Vorzüge sich auf Null reduciren. Der einzige Vortheil, der noch einige Geltung haben mag, könnte der sein, dass sie ohne alle weiteren Vorkehrungen sogleich in Thätigkeit gesetzt werden können. Doch auch dieser Vortheil ist so unbedeutend, indem die volta-elektrischen Apparate, wenn sie anders im gehörigen Zustande erhalten werden, in der Zeit von einer oder zwei Minuten in Thätigkeit gesetzt werden können, dass er nicht in Betracht kommt gegen den sehr wesentlichen Nachtheil der ersteren, dass man bei ihrer Anwendung, zur Drehung der Kurbel stets eines Gehülfen bedarf. Damit ist jedoch keineswegs gesagt, dass dieselben zum medicinischen Gebrauche etwa ganz und gar ungenügend seien. Wenn die volta-elektrischen im Allgemeinen auch den Vorzug verdienen, so können doch auch jene, besonders der oben beschriebene Apparat von Stöhrer, der allen den von uns aufgestellten Bedingungen Genüge leistet, immerhin zur Anwendung kommen.

Von der Methode der Anwendung des elektrischen Stromes.

Um den elektrischen Strom mit grösstmöglichstem Erfolge in der Medicin verwerthen zu können, ist es vor Allem nothwendig, dass derselbe auch in einer zweckentsprechenden Weise angewandt werde. Duchenne de Boulogne hat zuerst auf diese Nothwendigkeit hingewiesen, und ihm gebührt das Verdienst, eine methodische Anwendung dieses erst dadurch sehr schätzbar gewordenen Mediums in die praktische Medicin eingeführt zu haben. Wenn auch der elektrische Strom schon längst vor ihm zu ärztlichen Zwecken gebraucht wurde, wie die betreffende Literatur nachweist, so geschah dies meist planlos, ohne richtige Vorstellung von der Wirkungsweise desselben in dieser Beziehung, und seine Anwendung war demgemäss eine sehr unsichere und unzuverlässige. Man begnügte sich meist damit, das elektrische Fluidum an der leidenden oder an einer beliebigen anderen Körperstelle einströmen zu lassen, indem man dem Patienten die Conductoren eines Inductionsapparates in die Hände gab oder die leidende Stelle mit demselben bestrich. Dass selbst bei einem so mangelhaften Verfahren nicht selten Heilungen verschiedener Krankheiten erzielt wurden, kann natürlich nicht dem Verfahren selbst zugeschrieben werden, sondern spricht nur im Allgemeinen für die mächtige Heilwirkung der Elektricität. Wenn man auch schon früher bestrebt war, den elektrischen Strom auf einzelne Körpertheile und Organe, wie auf das Gehörorgan, das Auge, die

Haut, die Blase und den Mastdarm u. s. w. überzuführen, wie dies v. Walther, M. Hall, Froriep u. m. A. gethan haben, so hat doch erst Duchenne eine verlässige Methode angegeben, wie man nicht nur diese Organe, sondern, was besonders wichtig ist, jeden einzelnen Nerven und Muskel auf elektrischem Wege für sich erregen kann. (Siehe l. c. p. 42: Faradisation musculaire localisée; p. 60: Faradisation catanée; p. 63: Faradisation des organes internes, des organes des sens et des organes génitaux de l'homme.) Duchenne hat der Inductionselektricität ihrem Entdecker Faraday zu Ehren den Namen Faradismus gegeben, eine Bezeichnung, die in der Verschiedenheit der Inductionselektricität von der Contact- oder Reibungselektricität ihre Begründung in der Analogie mit dem Gebrauche des Namens Galvanismus, nach Galvani, dem Entdecker der Contactelektricität, ihre Rechtfertigung findet. Es hat die von Duchenne gewählte Bezeichnung daher auch mit Recht allgemeine Aufnahme gefunden, und man nennt demnach die Inductionsapparate „Faradische" und bezeichnet ihre Anwendung mit den Namen „Faradisation" und „Faradisiren".

Die Anwendung der Inductions-Elektricität, worauf sich dieses Capitel ausschliesslich bezieht, ist mannigfacher Modification unterworfen und es richtet sich demnach ihre Wirkung nach der Art und Weise ihrer Anwendung. Abgesehen von der Stärke des inducirten Stromes ist seine Wirkung verschieden, einmal je nach dem Zustande, in welchem die Haut sich befindet, worauf die Conductoren aufgesetzt werden, ob dieselbe trocken oder feucht ist (dass es mehr die Beschaffenheit der Haut als die der metallischen Conductoren in dieser Beziehung ist, welche die Wirkungsverschiedenheit bedingt, wurde früher S. 93 schon erwähnt); zweitens nach der Form der Conductoren selbst, ob dieselben in einer ebenen Fläche, in einer Spitze oder Kugel endigen, mit einem Worte, ob der elektrische Strom von einer grösseren oder geringeren Metallfläche auf den Körper übertritt, und endlich hängt die Wirkung noch ab von dem Drucke, den die Conductoren auf die Körperstelle ausüben.

Was die ersterwähnte Wirkungsverschiedenheit anlangt, ergiebt sich Folgendes: Setzt man zwei trockene metallische Conductoren von gleicher Form auf die vollkommen trockene

Hautoberfläche leicht auf und lässt einen Inductionsstrom von mässiger Stärke auf dieselbe einwirken, so findet die Einwirkung resp. Ausgleichung des Stromes auf die Haut unter einem knisternden Geräusche statt und man empfindet an beiden Stellen ein Gefühl von Prickeln oder leisem Brennen. Setzt man einen feuchten und einen trockenen Conductor ebenfalls von gleicher Form auf die Haut, so hat an beiden Stellen eine Empfindung von Brennen statt, die Empfindung ist aber an der trockenen Stelle ungleich stärker. Sie ist auch stärker als in dem ersterwähnten Falle, da die unter dem feuchten Conductor befindliche Haut dem elektrischen Strome einen geringeren Widerstand entgegensetzt, als wo Haut und Conductor trocken sind. Werden beide Conductoren befeuchtet auf die Haut, oder besser zwei metallische Conductoren auf die stark befeuchtete Hautfläche aufgesetzt, so ist das Brennen an beiden Stellen nur schwach, schwächer als zuvor an dem einen trockenen Conductor, der Strom geht hier in Folge des beiderseits verringerten Leitungswiderstandes mehr in die Tiefe und man empfindet ein Zucken in den zunächst unter den Conductoren gelegenen Muskeln.

Um in den drei vorerwähnten Fällen die angegebenen Resultate zu erhalten, ist nothwendig, dass die Conductoren von gleicher Form sind, dass der Strom also beiderseits von gleich grossen Metallflächen auf den Körper überströmt. Diese Verhältnisse sind bis jetzt gänzlich unberücksichtigt geblieben; ich habe weder bei Duchenne, noch sonst wo in der Literatur eine Erwähnung hievon gefunden, und nichtsdestoweniger sind dieselben, wie wir sogleich sehen werden, von wesentlichem Einflusse auf die Wirkung des Stromes. Setzt man zwei Conductoren von verschiedener Grösse, wenn der eine etwa in eine thalergrosse, der andere in eine groschengrosse Fläche endigt, gleichviel ob befeuchtet oder trocken, in nicht zu grosser Entfernung auf die Haut auf, so wird die stärkere Wirkung immer an dem Conductor mit der kleineren Fläche wahrgenommen werden. Sind beide Conductoren trocken, so wird unter der grösseren Fläche gar keine Empfindung, unter der kleineren aber ein mehr oder minder starkes Brennen wahrgenommen werden. Das Brennen in der Haut wird an Stärke zunehmen, wenn wir den

grösseren Conductor befeuchten. Wird der kleinere Conductor befeuchtet und der grössere trocken auf die Haut gelegt, so wird unter dem ersteren ein schwaches Brennen stattfinden, aber die zunächst unter demselben gelegenen Muskeln oder Muskelbündel werden in Zuckungen gerathen oder bei sehr raschen Schlägen sich vollkommen contrahiren. Unter der grösseren Conductorfläche wird keine Zuckung und keine Empfindung oder doch nur ein schwaches Prickeln am Rande desselben wahrgenommen werden. Werden nun beide Conductoren befeuchtet auf die Haut gebracht, so macht sich unter der grösseren Fläche gar keine Wirkung bemerkbar, weder Brennen noch Muskelzuckung, unter der kleineren Fläche hingegen eine sehr beträchtliche Muskelcontraction, begleitet von einem mässigen Brennen auf der Haut. Die Wirkung eines faradischen Stromes auf die Hautnerven ist demnach unter sonst gleichen Verhältnissen am schwächsten, wenn zwei gleichgrosse Conductoren auf die trockene Haut aufgelegt werden; sie wird stärker, wenn der eine von den beiden Conductoren befeuchtet oder auf die feuchte Haut aufgesetzt wird, und zwar ist die Zunahme auf der trockenen Stelle bemerkbar. Sie nimmt gleichfalls zu, wenn von zwei trockenen Conductoren, auf die trockene Haut gebracht, die Contactfläche des einen dem anderen gegenüber an Grösse zu- oder abnimmt, und zwar fällt die Zunahme der Wirkung auf die kleinere Contactfläche. Die genannte Wirkung endlich ist ceteris paribus am stärksten, wenn von zwei ungleich grossen Contactflächen die grössere befeuchtet wird, und die Stärke der Wirkung unter der trockenen Conductorfläche nimmt von da an mit der Vergrösserung der befeuchteten Conductorfläche gleichmässig zu.

In Anbetracht der Wirkung eines Inductionsstromes auf die Muskelcontractilität gestalten sich diese Verhältnisse wie folgt. Die Wirkung des Stromes ist verhältnissmässig am schwächsten, und bei schwachen Strömen $= 0$, wenn zwei Conductoren von gleichgrossen Berührungsflächen auf die darüber befindliche trockene Hautstelle aufgelegt werden, sie nimmt wie oben an Stärke zu, wenn der eine von beiden Conductoren befeuchtet wird, und zwar fällt die Zunahme der Wirkung,

im Gegensatze zu oben, auf die befeuchtete Hautstelle. Eine beträchtlich starke Wirkung auf die Muskeln erhalten wir, wenn beide Conductoren auf befeuchtete Hautstellen zu liegen kommen, und die auf diese Weise erhaltene Wirkung kann dadurch noch eine Steigerung erleiden, dass wir die Berührungsfläche des einen Conductors der des anderen gegenüber vergrössern, und zwar wird die Zunahme der Wirkung mit der Vergrösserung jener Hand in Hand gehen.

Es wird nicht schwer fallen, den Grund dieser Erscheinungen einzusehen, wenn man sich an die im ersten Abschnitte ausführlich besprochenen Gesetze des Leitungswiderstandes erinnert. Er liegt einfach in dem verringerten Leitungswiderstande einerseits, wobei der Strom möglichst ungeschwächt in den Körper eintreten kann, da bekanntlich mit der Vergrösserung des Querschnittes eines Körpers dessen Leitungswiderstand abnimmt. Andererseits aber wird der Strom um so intensiver wirken, in je dichterem Zustande er mit dem Körper in Berührung kommt, und der Strom wird dichter durch Verkleinerung des Querschnittes des leitenden Körpers. Wir bringen also dadurch, dass wir auf der einen Seite den Leitungswiderstand verringern und auf der anderen Seite durch Erhöhung des Leitungswiderstandes den Strom verdichten, diesen in ein für seine physiologische Wirkung günstigeres Verhältniss. Wir besitzen also dadurch zu gleicher Zeit ein Mittel zu Verstärkung der Ströme, so zwar, dass wir mit einem schwachen Apparate bedeutende Effecte erreichen können, wenn wir nur den einen Leitungsdraht in einem möglichst grossen Querschnitt endigen lassen. Dies könnte erreicht werden durch Einsenken des Körpers in eine leitende Flüssigkeit bis auf denjenigen Theil, auf welchen man eine Wirkung ausüben will. Wie beträchtlich auf diese Weise die Wirkung eines Stromes verstärkt werden kann, werden wir leicht einsehen, wenn wir bedenken, dass in diesem Falle der Querschnitt des einen Stromgebers der Grösse der gesammten unter der Flüssigkeit befindlichen Hautoberfläche gleich käme. Dass ein solches Verfahren zur Verstärkung eines Stromes in der medicinischen Praxis nicht, oder doch nur in seltenen Fällen, zur Anwendung kommen kann, versteht sich von selbst.

Als dritte Eigenschaft, von welcher die physiologische Wirkung eines faradischen Stromes abhängt, haben wir den Druck erwähnt, den die Conductoren auf die betreffenden Körperstellen ausüben. Wir haben gesehen, dass ein Conductor, mit der trockenen Hautoberfläche unter den angegebenen Bedingungen leise in Berührung gebracht, einen mehr oder minder beträchtlichen Reiz auf die Hautnerven ausübt, ohne die darunter befindlichen Muskeln zu afficiren. Dies ändert sich nun, sobald der Conductor, besonders wenn seine Berührungsfläche nur einen kleinen Umfang hat, stark angedrückt wird, wobei das unter der Haut befindliche elastische Gewebe nachgiebt und sich auf diese Weise eine Delle bildet. Dadurch wird aber der Stromgeber dem zunächst unter ihm befindlichen Muskel näher gebracht, und ein Theil des Stromes wird, dem besseren Leiter folgend, auf den Muskel überströmen und auch diesen in Mitleidenschaft ziehen. Es können also auf diese Weise auch mittelst trockener Stromgeber Muskelcontractionen erzeugt werden, und zwar um so leichter, je günstiger die Lage oder je stärker der Strom ist. Um daher eine Miterregung der Muskeln, wo sie nicht beabsichtigt wird, zu vermeiden, ist es nöthig, dass die Conductoren nicht nur trocken, sondern auch leicht, ohne Druck, auf die Haut gesetzt werden.

Bei einigermaassen starken Strömen, besonders bei dem secundären Strome, der eine beträchtlichere Spannkraft besitzt, als der in einem dickeren Drahte verlaufende primäre, ist es nicht absolut nothwendig, dass wir zur Erzielung einer Wirkung die beiden Stromgeber mit der Haut in Berührung bringen, der faradische Strom wird, je nach seiner Intensität, auf einige Millimeter Entfernung in Gestalt eines Funkens auf den Körper überströmen. Für faradische Reizung der Haut verdient dieses Verfahren manchmal, besonders bei dem Gebrauche starker Ströme, den Vorzug, indem hiebei die isolirte Erregung der Hautnerven noch sicherer gelingt, als wenn beide Stromgeber die Haut berühren. Es scheint überhaupt, dass ein elektrischer Strom die Hautnerven intensiver zu reizen vermag, wenn er aus einiger Entfernung auf die Haut überströmt. Legt man z. B. zwei plattenförmige Conductoren auf die trockene Haut, so wird am Rande der Platten, wo diese von der Haut

etwas abstehen, die Reizung vorherrschend stattfinden, ja bei etwas schwachen Strömen nur an dieser Stelle, wobei sich das Ueberströmen des Faradismus, ausser durch die Empfindung, noch durch ein knisterndes Geräusch und durch kleine Fünkchen zu erkennen giebt.

Nachdem wir nun im Vorhergehenden einige allgemeine Regeln kennen gelernt haben, die bei der Anwendung des Faradismus in der Medicin zu beobachten sind, gehen wir zu dem Verfahren über, das bei der Erregung der einzelnen Theile des menschlichen Körpers einzuschlagen ist, und beginnen mit den für uns wichtigsten Theilen, an denen wir am häufigsten und mit dem besten Erfolge die Inductionselektricität anzuwenden Gelegenheit haben, nämlich

den motorischen Nerven und den Muskeln. Was von der Einwirkung eines elektrischen Stromes auf die motorischen Nerven zu sagen ist, gilt natürlich auch für die Muskeln, da eine Bewegung dieser ausschliesslich nur durch jene vermittelt wird, und eine Thätigkeitsäusserung der Muskeln ohne Mitwirkung der Nerven nicht zu denken ist. Wir haben gesehen, dass, wenn man zwei feuchte Stromgeber auf die Haut setzt, die unter denselben befindlichen Muskeln sich contrahiren. Man wird daher, um einen Muskel in den Contractionszustand zu versetzen, die Stromgeber an den betreffenden Hautstellen über ihm ansetzen und so den Strom auf den Muskel wirken lassen. Duchenne nennt diese Art zu operiren die directe Muskelfaradisation, zum Unterschiede von der indirecten, welche darin besteht, dass man den faradischen Strom nicht auf den Muskel selbst, sondern auf den betreffenden Nervenstrom wirken lässt, von dem der Muskel seine Bewegungsfähigkeit erhält. Remak hat gezeigt (Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln. Berlin 1855), dass diese von Duchenne gewählte Bezeichnung ungenügend sei, da aus den schon angegebenen Gründen von einer directen Muskelerregung keine Rede sein kann. Die Muskelverkürzung sei immer eine indirecte, vermittelt durch die im Muskel sich verbreitenden Nervenästchen, da die Annahme einer selbstständigen Muskelreizbarkeit, die sogen. Haller'sche Irritabilitätslehre, gegenwärtig nicht mehr zulässig sei. Er findet daher die Berührung der ersteren als intramusculäre, die der indirecten

als extramusculäre Erregung der Muskelnerven präciser. Obwohl gegen die Richtigkeit der Remak'schen Benennungen durchaus nichts einzuwenden, dieselbe vielmehr vollkommen gerechtfertigt ist, so wollen wir doch die Duchenne'sche beibehalten, da sie einmal in die Literatur übergegangen und in praktischer Beziehung doch insofern bezeichnend ist, als bei der directen Muskelfaradisation die Stromgeber unmittelbar mit dem Muskel in Berührung kommen, während bei der indirecten diese entfernt von dem zu erregenden Muskel auf den betreffenden Nervenstrom aufgesetzt werden.

Um einen erregungsfähigen Muskel leicht und möglichst schmerzlos zu verkürzen, bedarf es eines besonderen methodischen Verfahrens, da nicht alle an der Oberfläche eines Muskels gelegenen Punkte zum Ansatze der Stromgeber gleich günstig sind oder vielmehr die beabsichtigte Verkürzung des Muskels in gleichem Grade begünstigen. In dieser Beziehung hat Remak nachgewiesen (l. c.), von der Voraussetzung ausgehend, dass nicht der Muskel als solcher, sondern der in ihm sich verzweigende Nerv dessen Thätigkeit vermittele, dass man die Stromgeber denjenigen Stellen des Muskels möglichst nahe bringen müsse, an denen die einzelnen Zweige des Nervenstromes in den Muskel eindringen. Da die Nerven, wie die Anatomie nachweist, fast immer am Rande des Muskels eintreten, so werden wir die Stromgeber, oder einen von beiden, am besten auch am Rande eines Muskels ansetzen, wo immer eine oder selbst mehrere solcher Eintrittsstellen der Nerven zu finden sein werden. Es ist nicht schwer, die zu wählenden Ansatzstellen, im Falle dieselben nicht schon bekannt sind, aufzusuchen. Man setzt zu diesem Behufe den einen Stromgeber auf den Bauch des Muskels, wo dieser am massigsten ist, während man mit dem anderen Stromgeber an einem der Seitenränder des Muskels herabfährt. Man wird auf diese Weise sehr bald auf eine Stelle kommen, wo der Muskel sich kräftig und vollkommen contrahirt. Dieses Verfahren ist auch schmerzloser, als wenn man, wie Duchenne räth, den Strom längs des Verlaufes der Muskelfasern wirken lässt, abgesehen davon, dass es sicherer ist, indem man durch Aufsetzen der Conductoren nach Duchenne's Vorschlag häufig gar keine, oder doch nur eine unvollständige Contraction erhält. Dies gilt

namentlich von den dickbäuchigen Muskeln, wie dem M. gastrocnemius, dem M. biceps brachii etc. Duchenne spricht zwar auch (l. c. S. 58) von gewissen Punkten, wie sie jeder Muskel besitze, der zum Ansatz der Conductoren mit Vorzug zu wählen sei, ohne jedoch auf das Wesentliche dieser Punkte genauer einzugehen. Remak hat nun gezeigt, dass diese die Randpunkte des Muskels und zwar die Eintrittsstellen der Nerven sind; dass es somit bei der Muskelfaradisation zunächst darauf ankommt, nicht die Muskelfasern, sondern die in dem Muskel sich verbreitenden Nervenäste in den Stromkreis zu bringen.

So wird man den M. biceps brachii sehr leicht, und zwar bis zur vollkommenen Beugung des Vorderarmes, zur Verkürzung bringen, wenn man den einen Conductor etwa auf die Mitte des Muskels, den anderen auf die Eintrittsstelle eines Astes des Muskelhautnerven, des N. perforans Casseri, aufsetzt. Ebenso wird der M. sternocleidomastoideus leicht contrahirt werden können, wenn man den einen Excitator an einer beliebigen Stelle der Oberfläche des Muskels ansetzt, den anderen aber an der Stelle, wo der Ramus externus des N. accessorius Will. unter den Muskel tritt, was an dem oberen Theile des äusseren Muskelrandes der Fall ist. Der M. rectus femoris, der seine Nerven vom N. cruralis erhält, wird leicht zu verkürzen sein, wenn man den einen Stromgeber etwa auf die Mitte des Muskels und den anderen am inneren Rande des oberen Muskelendes, wo ein Zweig des genannten Nerven in den Muskel eintritt, aufsetzt. Die genannten Muskeln werden auf diese Weise nicht nur leicht, sondern auch schmerzlos zur Verkürzung gebracht werden, was nicht der Fall ist, wenn man die Stromgeber längs der Richtung der Muskelfasern ansetzt. Es giebt allerdings auch eine grosse Anzahl Muskeln, die in Folge ihrer Bauart oder ihres grösseren Nervenreichthums in jeder Art und Weise sich verkürzen, wie man auch die Stromgeber mit ihnen in Berührung bringen mag, wie z. B. der M. cucullaris, der M. pectoralis major, zum Theil der M. deltoideus etc., doch wird auch bei ihnen die Anwendung des genannten Verfahrens noch sicherer ihren Zweck erreichen. Für den erstgenannten Muskel ist der betreffende Punkt an dem oberen Halsrande desselben über der Clavicula, wo sich

ein Ast des N. accessorius Will. zu ihm begiebt. Der grosse Brustmuskel, der sehr reizbar für elektrische Ströme ist, kann in einzelnen Partien zur Contraction gebracht werden, man braucht nur irgend ein Muskelbündel zwischen die beiden Stromgeber zu fassen. Will man den ganzen Muskel zur Verkürzung bringen, so setze man den einen Stromgeber an den oberen Rand des Muskels, den anderen an den unteren, welcher den äusseren Rand der Achselhöhle bildet. Aehnlich verhält sich der M. deltoideus, hier wird in allen Fällen das quere Aufsetzen der Stromgeber dem nach der Längsrichtung der Muskelfasern vorzuziehen sein.

Die überwiegende Mehrzahl der Muskeln des menschlichen Körpers kann in der angegebenen Art und Weise, also auf directem Wege, zur Verkürzung gebracht werden. Selbst tiefer gelegene Muskeln bieten meistens doch eine Stelle dar, die dem elektrischen Strome zugänglich ist, wie z. B. die Beuger des Oberschenkels, der M. ilio-psoas, der, aus der Beckenhöhle kommend, nach dem Os fumoris herabsteigt. Man trifft denselben nach seinem Durchschnitte unter dem Poupartischen Bande zwischen der oberen Sehne des M. rectus fem. und der Art. cruralis. Nur hat man sich zu hüten, den dicht nebenan gelegenen N. cruralis in Mitleidenschaft zu ziehen, was statt der beabsichtigten Beugung des Oberschenkels eine Streckung des Unterschenkels zur Folge haben würde. Mit einiger Uebung lässt sich dies jedoch leicht beseitigen.

Die indirecte Faradisation der Muskeln, oder die Faradisation der Muskeln vom Nerven aus, Remak's extramusculaire Faradisation, geschieht, wie erwähnt, dadurch, dass man den elektrischen Strom an irgend einer Stelle des Verlaufes des Nerven wirken lässt, worauf sich die in dem Bereiche des betreffenden Nerven gelegenen Muskeln, entsprechend seiner Erregbarkeit und der Stärke des angewandten Stromes, verkürzen. Der Effect ist also ganz derselbe, wie bei der directen Einwirkung des Stromes auf die Muskeln, nur dass sich hiebei nicht einzelne Muskeln, sondern meist eine Muskelgruppe, eine ihr entsprechende Function vollführend, verkürzt. Zum Ansetzen der Stromgeber wählt man natürlich solche Stellen, wo der Nerv dem elektrischen Strom am zugänglichsten ist, d. h. wo derselbe am oberflächlichsten und der allgemeinen

Decke möglichst nahe liegt. Dass hiezu eine genaue Kenntniss der anatomischen Lage und des Verlaufes der Nerven nothwendig ist, versteht sich von selbst*). Ich führe einige solche Stellen hier an.

Den Plexus brachialis trifft man unmittelbar über der Clavicula zwischen dem M. scalenus anticus und medius; etwas weiter nach vorn neben dem vorderen Rande des M. scalenus anticus den N. phrenicus. Der N. hypoglossus ist zugängig neben dem Cornu majus des Zungenbeines zwischen den MM. stylohyoideus und hyoglossus. Der N. facialis ist am leichtesten zu erreichen an der vorderen Wand des äusseren Gehörganges, sowie dessen einzelne Zweige nach ihrem Austritte aus dem Pes anserinus. Den N. medianus trifft man im unteren Drittheile des Oberarmes am inneren Rande des M. brachialis internus, den N. ulnaris in der Furche zwischen dem Condylus internus humeri und dem Olecranon ulnae, den N. radialis an der äusseren Seite des Oberarmes, ungefähr zwischen dem mittleren und unteren Drittheile desselben, wo der Nerv zwischen M. anconaeus secundus und tertius hervortritt. Den N. perforans faradisirt man auf dem Grunde der Achselhöhle, wenn man auf die Adductorengruppe des Oberarmes, den M. coracobrachialis wirken will, bei beabsichtigter Wirkung auf die Flexoren des Vorderarmes, etwa in dem oberen Drittheile des Oberarmes zwischen dem M. biceps und brachialis internus. Ebenso trifft man an den unteren Extremitäten den N. cruralis unter dem Poupartischen Bande auf der äusseren Seite der Art. cruralis; den N. ischiadicus hinter dem Kopfe des Oberschenkels, zwischen dem M. biceps femoris und dem vastus externus. Da dieser Nerv ausser von den Rändern der genannten Muskeln meist noch von einem beträchtlichen Fettpolster bedeckt ist, so erfordert es ein starkes Andrücken der Stromgeber, um den Strom bis zum Nerven gelangen zu lassen, leichter geschieht dies, obwohl umständlicher, in der Nähe seines Ursprunges, an der hinteren Wand des Rectums. Den N. tibialis trifft man in der Mitte der Kniekehle, erfordert aber des dicken Fettpolsters wegen, von dem der Nerv bedeckt ist, ein starkes An-

*) Ich verweise in dieser Beziehung auf das vortreffliche Lehrbuch der physiologischen Anatomie von Herm. Meier. Leipzig 1856.

drücken der Stromgeber. Will man nun auf die Plantan-Flexoren der Zehen wirken, so bietet sein ziemlich oberflächlicher Verlauf an dem äusseren Rande der Achillessehne einen günstigen Ansatzpunkt. Sehr oberflächlich gelegen und demnach sehr leicht zu faradisiren ist der N. peronaeus, er liegt ebenfalls in der Kniekehle, nach aussen, unmittelbar hinter dem Capitulum fibulae, wo er, den M. peronaeus longus durchbohrend, sich auf die Vorderseite des Unterschenkels begiebt.

Zum Faradisiren der Nervenstämme genügt meistens das Ansetzen eines Stromgebers auf den Nervenverlauf, wobei man den anderen sehr zweckmässig auf diejenige Muskelgruppe setzt, auf welche eine Wirkung beabsichtigt wird. Bietet dieselbe eine ziemlich grosse Fläche dar, so kann man sich hiezu mit Vortheil kleiner Platten bedienen, Fig. 6, nur muss hier nicht unberücksichtigt bleiben, dass der Strom hiedurch, wie erwähnt, im Verhältniss zur Grösse der Platten verstärkt wird. Dasselbe Verfahren kann auch beim directen Faradisiren der Muskeln in Anwendung gebracht werden, besonders wenn eine Verstärkung des Stromes willkommen erscheint. Ich bediene mich im Allgemeinen zum Faradisiren der Muskeln der Fig. 4 abgebildeten Stromgeber, in einer hölzernen Handhabe befestigter, nach vorn etwas gekrümmter und an ihrem Ende mit kleinen Schwämmen versehener Messingstäbchen. Ich sah diese zuerst bei Moritz Meier in Berlin, und da ich sie für zweckmässig erachte, so sehe ich keinen Grund ein, sie, wie Remak räth, unbedingt zu verwerfen. Remak empfiehlt statt der Schwämme mit befeuchtetem Handschuhleder umwickelte Metallknöpfe (l. c. S. 22), indem er behauptet, dass nur mit diesen eine präcise und zuverlässige Wirkung erhalten werden könne. Ich glaube, dass Remak sowohl in dem Eifer gegen die eine Form, sowie in der Vorliebe gegen die andere zu weit geht, und wenn ich auch zugebe, dass diese im Allgemeinen dasselbe leisten, dass sie beim Faradisiren sehr kleiner Muskeln, wie bei den Gesichtsmuskeln, vielleicht sogar den Vorzug verdienen, so verdienen doch auch jene nicht so unbedingt bei Seite geworfen zu werden. Sie haben sogar vor den Remak'schen Stromgebern den Vorzug, dass sie nachgiebig sind und beim Aufsetzen in Nähe von Knochen nicht das Periast in Mitleidenschaft ziehen, wodurch unnöthige Schmerzen

erzeugt werden, was bei den unelastischen Stromgebern manchmal vorkommt.

Für die Anwendung der einen oder der anderen Form von Muskelerregung gelten folgende allgemeine Regeln.

Die directe Faradisation der Muskeln ist in allen Fällen indicirt, wo ein Muskel in seiner Ernährung gelitten, wie in der progressiven Muskelatrophie u. s. w. Sie ist ferner indicirt, wo die Sensibilität oder die Contractilität der Muskeln darniederliegt, gleichviel mit oder ohne Ernährungsstörung, wie bei den traumatischen Lähmungen, denen in Folge von Bleiintoxication entstandenen, bei der rheumatischen Lähmungsform, bei der spinalen Paraplegie u. s. w.; ferner, wo bei normaler Erregbarkeit der Muskeln die Sensibilität der sie bedeckenden Haut gesunken ist, und endlich, wo man überhaupt aus was immer für einem Grunde auf einen Muskel isolirt wirken will, mit Umgehung der anderen Muskeln derselben Gruppe.

Die Anwendung der indirecten Muskelfaradisation ist vorzuziehen, wo weder die Ernährung der Muskeln, noch die elektrische Contractilität und Sensibilität derselben gelitten hat, und die Lähmung also nur in Folge des ganz oder theilweise aufgehobenen Willenseinflusses auf die Muskeln fortbesteht. So bei allen Lähmungen cerebralen Ursprunges, insbesondere bei den appoplektischen Lähmungen. Da bei den cerebralen Lähmungen die Krankheit nicht in den Muskeln ihren Sitz hat, also so zu sagen auch nicht die Muskeln gelähmt, sondern dieselben gewissermaassen nur in ihren Functionen beeinträchtigt sind, so werden wir unser Augenmerk besonders darauf zu richten haben, nicht einzelne Muskeln in Bewegung zu bringen, sondern möglichst normale Bewegungen zu erhalten, und dies erreichen wir nur dadurch, dass wir eine ganze Muskelgruppe in Thätigkeit versetzen. Auf diese Weise erhalten wir Bewegungen, wie sie der Function einer bestimmten Gruppe anpassend sind, und wir werden daher so am ehesten im Stande sein, die willkürliche Bewegung der betreffenden Muskeln wieder herzustellen. Die indirecte Muskelerregung wird also überhaupt da anzuwenden sein, wo wir nicht auf einen einzelnen Muskel, sondern auf eine bestimmte Muskelgruppe wirken wollen, sei es nun, um dem schon erwähnten Zwecke zu genügen, oder in physiologischer Beziehung die

Function eines Nervenstammes oder Astes zu ermitteln. Endlich sind wir auf dieses Verfahren noch angewiesen, wo wir auf einen tiefer liegenden Muskel einzuwirken beabsichtigen, oder überhaupt auf einen Muskel, den in Folge seiner anatomischen Lage der Strom auf directem Wege entweder gar nicht zu erreichen vermag, oder doch nicht so, dass eine völlige Verkürzung desselben zu Stande kommt.

Als drittes Verfahren zur Erregung der Muskeln bleibt noch das reflectorische zu erwähnen, wobei man die Eigenschaft der sensitiven Nerven, im gereizten Zustande Bewegungen in den entsprechenden Muskeln auszuheben, dazu benutzt, durch Reizung der Hautnerven auf den Muskel zu wirken. Es ist dieses Verfahren jedoch ein sehr unsicheres und wird zu dem genannten Zwecke daher auch nur selten zur Anwendung kommen. Duchenne empfiehlt es bei Lähmungen mit gleichzeitiger Anästhesie der Haut über dem gelähmten Muskel, wie bei einigen hysterischen Lähmungen, wo er häufig durch Faradisiren der Haut die Lähmungserscheinungen verschwinden sah. Da eine Reizung der Hautnerven auch da, wo sie nicht beabsichtigt ist, nie ganz vermieden werden kann, so ist es wohl denkbar, dass die Erregung der reflectorischen Thätigkeit bei der Behandlung von Lähmungen mittelst Faradismus manchmal eine günstige Rolle spielt, ohne dass wir es vermuthen. Ob das auch bei den von Duchenne erwähnten Fällen der Fall ist, oder ob die Einwirkung nicht doch mehr eine directe zu nennen ist, wage ich nicht zu entscheiden.

Die Faradisation der Haut geschieht, wie erwähnt, mittelst trockener Rheophoren, um die Wirkung des Stromes auf der Haut zu localisiren. Duchenne empfiehlt wegen der Verschiedenheit der Empfindlichkeit der Haut an verschiedenen Stellen die Anwendung verschiedener Verfahrungsweisen, wovon die schwächste die elektrische Hand, wobei die Hand des Operateurs mit in den Stromkreis genommen wird und als Stromgeber dient; dann kommt die Anwendung voller metallischer Excitatoren, und endlich der Metallpinsel. Ich bediene mich zu dem genannten Zwecke lediglich des letzteren, und finde ihn, wenn anders der Apparat die nöthige Abschwächung des Stromes zulässt, vollkommen hinreichend und bei jedem Grade der Hautreizbarkeit anwendbar. Ein solcher Pinsel be-

steht aus einer kleineren oder grösseren Masse Metallfäden, die in einer kleinen Messingkapsel leitend befestigt und am Ende eines eben solchen Stäbchens angebracht sind. Man kann sich entweder zweier oder auch nur eines solchen Pinsels bedienen, in welch letzterem Falle das andere Ende des Inductionskreises durch eine kleine Messingplatte mit einer beliebigen Körperstelle in Berührung gebracht wird. Bei der Anwendung der beiden Pinsel ist es rathsam, dieselben nicht in zu weiter Entfernung, sondern möglichst nahe auf die Haut zu setzen. Hat man es mit einer grossen Fläche zu thun, auf welche man einwirken will, so fahre man mit den Pinseln leicht über dieselbe hin, so dass nach und nach alle die verschiedenen Stellen der Einwirkung des Stromes ausgesetzt werden. Ich habe mir der bequemeren Anwendung wegen die beiden Pinsel isolirt in einem Griffe von Holz befestigen lassen, wie Fig. 2 zeigt. Will man sehr heftig auf eine kleine umschriebene Stelle einwirken, so drückt man die beiden Pinsel dicht nebeneinander, doch ohne dass sich die einzelnen Fasern der beiden Pinsel berühren, leise an die betreffende Stelle an und lässt einen kräftigen und sehr raschen Strom darauf wirken. Es entsteht auf diese Weise ein sehr vehementer brennender Schmerz, analog dem Brandschmerze, ohne dass auf der Haut etwas anderes zu bemerken ist, als ein Erythem mit erhabenen Hautpapillen. Der Schmerz beginnt im Momente der Berührung und ist mit dem Aufheben der Berührung auch wieder vollkommen verschwunden.

Die Faradisation der Sinnesorgane ist in den meisten Fällen leicht und ohne Schwierigkeit zu bewerkstelligen. So faradisirt man das Gehörorgan, indem man bei seitlich geneigtem Kopfe den äusseren Gehörgang etwa zur Hälfte mit Wasser füllt, und den einen entsprechend geformten Excitator hineintaucht, der andere feuchte Excitator wird hinter dem Ohre oder im Nacken angelegt. Da das Trommelfell äusserst empfindlich ist, so hüte man sich wohl, dasselbe mit dem metallischen Excitator zu berühren oder zu starke Ströme anzuwenden. Eine andere Methode der Erregung des Gehororganes ist die, dass man den einen Excitator von der Form eines Ohrenkatheders, der bis auf einige Linien wohl isolirt sein muss, durch die Nase in den Eingang der tuba Eustachii ein-

führt, während der andere, wie zuvor, im Nacken angelegt werden kann.

Die Reizung des Gesichtssinnes oder der Retina wird dadurch erreicht, dass man die Stromgeber eines Inductionsapparates mit den Verzweigungen des N. trigeminus in Berührung bringt, und zwar wird, wie schon erwähnt, die hiebei beobachtete Lichterscheinung um so intensiver sein, je mehr die Stromgeber der Mittellinie sich nähern, wo die Endigungen der beiden N. trigemini sich begegnen. Man braucht die Stromgeber nur mit irgend einer Stelle in der Nähe der Orbita, oder mit dem Augenliede zu berühren, um die Lichterscheinung hervorzurufen. Besser eignet sich zur Erregung der Retina, wie ebenfalls schon erwähnt wurde, der einfache galvanische Strom. Etwa zwei kleine Elemente werden hinreichen, nach dem oben angegebenen Verfahren Lichterscheinung zu erhalten, besonders wenn man den Strom einige Mal unterbricht. Der galvanische Strom verdient insofern den Vorzug vor dem inducirten, als bei seiner Anwendung eine unnöthige und nicht ganz schmerzliche Reizung der Gesichtshautnerven vermieden wird. Duchenne bedient sich zu diesem Zwecke des secundären magneto-elektrischen Stromes. Dass man in allen Fällen nur äusserst schwache Ströme anwenden darf, versteht sich wohl von selbst.

Das Faradisiren des Geschmacks- und Geruchsorganes geschieht einfach durch Bestreichen der Zungenoberfläche und der Schleimhaut des Gaumens oder der Nase vermittelst eines einfachen metallischen Conductors, während man den anderen irgendwo in der Nähe, etwa im Nacken, aufsetzt, und einen schwachen Strom auf die betreffenden Stellen wirken lässt.

Von den inneren Organen, die dem elektrischen Strome überhaupt zugänglich sind, erwähne ich zunächst die Blase, den Uterus und das Rectum, welche unmittelbar erregt werden können.

Zur Faradisation der Blase dient das Fig. 7 abgebildete Instrument, ein vorn offener Katheder von Kautschuk, in welchem sich ein am Ende mit einem Knopfe versehener Silberdraht leicht verschiebbar bewegt. Dieser Excitator wird, nachdem die Blase so viel als möglich entleert, in bekannter

Weise eingeführt, so dass der Metallknopf mit der Blasenwand in Berührung kommt. Der andere Stromgeber wird entweder befeuchtet über der Schambeinverbindung etwas angedrückt oder, wie Duchenne räth, in das Rectum eingeführt, theils um ihn der Blase näher zu bringen, theils aber auch wegen der schwächeren Reizbarkeit des Rectums gegenüber den Bauchdecken, da bei der Torpidität der Blase ein ziemlich starker Strom nothwendig ist, um sie zur Contraction zu bringen. Was den letzteren Umstand betrifft, so lässt sich derselbe sehr leicht dadurch beseitigen, dass man dem auf die Bauchdecken aufzusetzenden Conductor eine grössere Berührungsfläche giebt, wodurch einestheils der Strom überhaupt verstärkt, und überdies dessen Wirkung noch mehr auf die Blase beschränkt wird. (Siehe S. 109.) Will man auf den Blasenhals wirken, so zieht man das Instrument bis dahin zurück, was leicht an der grösseren Resistenz zu ermessen ist. Mir ist es mit dem angegebenen Verfahren immer gelungen, die Blase in den Contractionszustand zu versetzen, ohne dass ich zu einer anderen Vorrichtung meine Zuflucht hätte nehmen müssen. Duchenne empfiehlt nämlich in Fällen, wo diese Methode nicht genügt, ein Instrument, welches das Einführen der beiden Stromgeber in die Blase gestattet (l'excitateur vésical double). Es ist dies ein Kautschukkatheder, in dem sich zwei von einander wohl isolirte geknöpfte Metalldrähte bewegen. Ist der Katheder eingeführt, werden diese vorgeschoben, wodurch sie sich auseinanderspreizen, und so jeder der Knöpfe eine Stelle der Blasenwand berührt. Jeder der Metalldrähte ist mittelst Klemmschrauben mit einer Leitungsschnur des Apparates verbunden.

Zum Reizen des Rectums kann man sich des oben angegebenen Katheders bedienen, oder auch eines etwas dickeren. Die Fäcalmassen müssen vor dem Einführen zuerst durch Klystiere entfernt werden. Der andere feuchte Stromgeber kann an einer beliebigen Stelle in der Nähe angesetzt werden. Der Mastdarm ist, wie die Blase, für elektrische Ströme sehr wenig empfindlich, so dass man schon eines ziemlich kräftigen Stromes bedarf, um seine Fasern zu verkürzen.

Der Uterus im nicht schwangeren Zustande ist einer mittelbaren und einer unmittelbaren Erregung fähig. Diese wird dadurch erreicht, dass man ein ähnliches Instrument, wie wir

es vorher bei der Erregung der Blase und des Rectums kennen gelernt haben, in die Scheide einführt, so dass der Knopf das Collum uteri berührt. Der andere feuchte Stromgeber kann entweder über der Symphiae der Schambeine oder an der inneren Schenkelfläche angesetzt werden. Da der Uterus und namentlich der Hals nicht sehr empfindlich, kann man einen Strom von beträchtlicher Stärke anwenden, wobei zu beachten, dass die Berührungsfläche des feuchten Stromgebers nicht allzu klein sei. Die andere Art, die bis jetzt nur Schulz in Wien vorschlug und mit Erfolg angewandt haben soll (Die Reflexwirkungen der Inductions-Elektricität im Allgemeinen und deren Benutzung als Heilmittel insbesondere gegen Abnormitäten der Menstruation. Wien. med. Wochenschr. 1855, Nr. 49), besteht darin, dass man durch Reflex auf die Gebärmutter einzuwirken sucht. Schulz setzt zu diesem Behufe die beiden trockenen Conductoren mit den Fusssohlen in Verbindung und lässt einen kräftigen Strom darauf einwirken. Wenn dieses Verfahren sich bewährt, so würde es jedenfalls der grösseren Decenz wegen in manchen Fällen vorzuziehen sein. Der Zweck der Erregung des nicht schwangeren Uterus ist, wie leicht einzusehen, der, auf dessen Menstruationsfunction einzuwirken. Die Faradisation des schwangeren Uterus, die zur Erregung der Wehenthätigkeit häufig schon mit Erfolg angewandt wurde, ist sehr leicht zu bewerkstelligen. Man legt zwei feuchte Stromgeber seitlich an der Gebärmutter an, oder setzt den einen auf die grösste Wölbung der Gebärmutter, und den anderen in die Kreuzbeinaushöhlung. Wenige mässig starke Ströme werden genügen, Contractionen des Uterus anzuregen.

Der Dünn- und Dickdarm, sowie der Magen, sind der unmittelbaren Faradisation, wie sich von selbst versteht, unzugänglich. Nichtsdestoweniger können dieselben faradisch erregt werden, wie ich mehrfach mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, indem man den einen feuchten Stromgeber stark an die Bauchwand andrückt, während man den anderen, der eine grössere Berührungsfläche haben muss, in der Kreuzbeinaushöhlung anlegt. Siehe S. 108.

Zur Faradisation des Zwerchfelles, welche bei Lähmung desselben, bei drohender Erstickungsgefahr, überhaupt wo sich's um Erzeugung einer künstlichen Respiration handelt, mit Er-

folg vorgenommen wird, räth Duchenne die elektrische Erregung der NN. phrenici (siehe S. 162), besonders dann, wenn das Diaphragma isolirt erregt werden soll. Um dem letzgenannten Zwecke zu entsprechen, also zur Erzeugung einer künstlichen Respiration, genügt meist eine allgemeine cutane Faradisation, oder man setzt feuchte Stromgeber mit etwas breiter Basis beiderseits auf den M. scalenus anticus auf, wobei neben dem N. phrenicus auch noch der Plexus brachialis und cervicalis mitgereizt wird, und ausser dem Zwerchfell auch noch andere Respirationsmuskeln zur Thätigkeit angeregt werden.

Die Faradisation der männlichen Geschlechtsorgane wird mit sehr gutem Erfolge gegen Impotenz angewendet, wo diese auf mangelhafter Innervation beruht. Schulz in Wien macht in der Wiener med. Wochenschr., 1854, Nr. 10 u. d. f. mehrere derartige Fälle bekannt, bei denen er sich des faradischen Stromes mit dem besten Erfolge bediente. Er leitet den Strom zunächst auf die Eichel und die Haut des Penis und Scrotums, um die peripherischen Ausbreitungen der Nervi dorsales penis et scroti zu erregen, da zum Hervorbringen einer Erection unmittelbar nur die Spinalnerven thätig sind. Der Einfluss des N. sympathicus ist ein mittelbarer, und es steht derselbe zur genannten Function in einem ähnlichen Verhältniss, wie der N. vagus zur Herzthätigkeit. Es wird nämlich durch Reizung des N. sympathicus jeder erregende Einfluss auf die Spinalnerven der Genitalien geschwächt, während umgekehrt die Innervation des N. sympathicus verringert wird durch Erregung der genannten Genitalnerven. In Folge davon erschlaffen aber die organischen Muskelfasern des Gefässes und der Corpora cavernosa des Penis, dieser füllt sich mit Blut, wird ausgedehnt, wodurch consecutiv die fibröse Hülle angespannt und der Penis erigirt wird. Es kann also durch Faradisiren der genannten Nerven deren mangelhafte Innervation wieder gehoben werden, wobei natürlich von diätetischer Seite auf den N. sympathicus eingewirkt werden muss, d. h. alles, was dessen Thätigkeit steigert, zu vermeiden ist. Damit die Heilung gelinge, darf die Erregbarkeit der Genitalnerven nicht vollkommen abgestorben sein und die Application muss mehrere Monate fortgesetzt werden. Da die MM. ischiocaver-

nosi und bulbicavernosi beim Erigiren des Penis ebenfalls mitwirken, so räth Schulz zur Unterstützung der Kur nach und nach auch auf diese einzuwirken. In sehr hartnäckigen Fällen können auch die Samenbläschen miterregt werden, zu welchen man am besten von der vorderen Wand des Rectums aus gelangt.

Die unmittelbare Erregung des Pharynx, Oesophagus und Larynx ist wegen der Nähe des Vagusstammes, der schwierig zu vermeiden ist, äusserst bedenklich; es wird daher, wo die genannten Organe faradisirt werden sollen, dies besser äusserlich durch Anlegen feuchter Stromgeber auf die betreffenden Organe, deren einzelne Muskeln oder Nerven geschehen. Moritz Meier hat in zwei Fällen von Stimmkrampf die Faradisation des Kehlkopfes mit Erfolg vorgenommen, indem er die N. recurrentes erregte, welche man beiderseits am inneren Rande des M. sternocleidomastoideus, in der Furche zwischen Trachea und Oesophagus trifft.

Die Faradisation des Herzens, der Lunge und der Leber, welche Duchenne durch Reizung der betreffenden Theile des N. vagus zu erreichen sucht, übergehe ich hier, da einestheils das angegebene Verfahren nicht gefahrlos, anderentheils die Faradisation der genannten Organe wohl kaum eine Anwendung finden wird.

Was die jedesmalige Dauer der Anwendung des faradischen Stromes betrifft, so ist dieselbe sehr verschieden, und richtet sich im Allgemeinen nach der Individualität, nach der Reizbarkeit des betreffenden Organes, auf das wir einzuwirken beabsichtigen, und überhaupt nach der zu erfüllenden Indication. So werden wir zur Erregung der sehr reizbaren Sinnesorgane höchstens 2 bis 3 Minuten lang den Strom einwirken lassen, während ein gelähmter, seiner elektrischen Erregbarkeit ganz oder theilweise beraubter Muskel schon eine längere Einwirkung verträgt. Doch ist es auch bei diesen rathsam, nicht allzulange bei einem Muskel zu verweilen, sondern rasch über die gelähmten Muskeln hinzugehen, so dass wir einen und denselben Muskel etwa 2 bis 3 Mal, jedesmal $^1/_2$ bis 1 Minute lang, dem elektrischen Strome aussetzen. Dies ist ganz besonders zu beachten bei reizbaren Individuen, wo die Muskeln und die respectiven Nerven ihre normale elektrische Erregbarkeit behalten haben. Aehnliches gilt auch für die

Faradisation der Haut. Bei Hysterischen z. B., die leicht zu Reflexkrämpfen geneigt sind, müssen wir uns nicht nur sehr schwacher Ströme bedienen, sondern auch die Zeit der Anwendung möglichst abkürzen, um nicht unangenehme und die Heilung verzögernde Zufälle hervorzurufen, oder die vorhandene Reizbarkeit durch zu lange Einwirkung des elektrischen Reizes zu erschöpfen. In wenigen Fällen nur werden wir mit einer einzigen Anwendung den gewünschten Heilzweck erreicht haben; wir sind daher meist genöthigt, die Anwendung öfters, wochen-, oft monatelang zu wiederholen. Ob die Wiederholung eine tägliche sei, oder alle zwei bis drei Tage stattzufinden habe, hängt ebenfalls von den vorerwähnten Umständen ab. Im Allgemeinen kann man den Grundsatz festhalten, dass solche Muskeln, die in ihrer Ernährung gelitten haben, tägliche Sitzungen nicht nur vertragen, sondern sogar erheischen, um den Wiederersatz der verloren gegangenen Muskel- und Nervensubstanz möglichst rasch zu bethätigen. In allen übrigen Fällen richtet sich die Zeit der Wiederholung nach der Reizbarkeit des Individuums oder des betreffenden Organes.

Dass das eben beschriebene Verfahren der örtlichen Anwendung des faradischen Stromes auf die einzelnen Theile des menschlichen Körpers, wie es Duchenne zuerst angegeben hat, vor der früheren planlosen Anwendung der Elektricität den Vorzug verdient, bedarf wohl keiner Begründung. Es hat dasselbe aber auch die Anwendung der Elektropunctur, die zu gleichen Zwecken früher häufig benutzt wurde, mit vollem Rechte verdrängt, da es die Vortheile dieser besitzt, ohne zugleich die Nachtheile zu haben, die der Elektropunctur zur Last gelegt werden können. Es gestattet, wie diese, auch auf tiefer gelegene Muskeln und Nerven einzuwirken, ohne aber die darüber befindlichen Gebilde merklich in Mitleidenschaft zu ziehen, und hat vor dieser noch den entschiedenen Vorzug, dass es einfacher und leichter ausführbar, dass seine Anwendung viel weniger empfindlich und dass es eine vollkommene Muskelverkürzung zu erzeugen im Stande ist, was die Elektropunctur nur in den wenigsten Fällen vermag. Es hat sich das genannte Verfahren, als das einzige rationelle, daher auch mit Recht bereits allgemeine Geltung in der Medicin verschafft.

Verwerthung des Inductionsstromes in der Therapie.

Bevor wir die einzelnen Krankheitsformen ins Auge fassen, die mit Erfolg der Behandlung mittelst der Inductionselektricität unterzogen werden können, wollen wir zuerst noch zwei hier einschlägige Punkte in Kürze berühren. Nämlich erstens die Frage, zu welcher Art von Heilmitteln die Inductionselektricität zu rechnen ist? In den meisten Lehr- und Handbüchern der Heilmittellehre finden wir die Elektricität, als nicht recht nach ihrer Wirkung classificirbar, am Schlusse mit anderen Imponderabilien, Wärme, Licht u. s. w. abgehandelt, während sie doch mit Fug und Recht als ein Reizmittel zu betrachten ist, und zwar als eines der intensivsten Reizmittel, welche die Therapie aufzuweisen hat, welches wie kein anderes auf die Erregung der Nerven wirkt und einen in seiner Erregbarkeit geschwächten Nerven zur normalen Thätigkeit zurückzuführen vermag. Ausgezeichnet ist sie ferner noch vor anderen Mitteln der Art, dass sie eine erregende Wirkung auf das Gesammtnervensystem ausübt, dass sie eine directe Anwendung gestattet, welche bei allen unter dem Einflusse eines noch erregungsfähigen motorischen Nerven stehenden Organen als nächstes Resultat eine Bewegung des betreffenden Organes veranlasst, und dass sie endlich die einzelnen Organe und Organtheile des menschlichen Körpers isolirt zu erregen vermag, ohne eines der übrigen, selbst der zunächst gelegenen, deren Erregung nicht beabsichtigt ist, in Mitleidenschaft zu ziehen.

Die Bewegung, welche ein elektrisch gereizter motorischer Nerv vollführt, ist aber in der Therapie gelähmter Muskeln

nicht bloss als ein Sympton der Reizung zu betrachten, sondern hat eine selbstständige Bedeutung; es ist dieselbe zugleich ein Mittel, welches zur Erreichung des angestrebten Heilzweckes wesentlich beiträgt und denselben mit fördern hilft. Dass die Bewegung eines seiner Erregbarkeit theilweise beraubten Muskels diese unter Umständen allmälig wieder zu erhöhen im Stande ist, ist eine bekannte Thatsache, und darauf die Theorie der Heilgymnastik gegründet. Wir können also in therapeutischer Beziehung die Wirkung des Inductionsstromes auf die Muskeln und deren Nerven in vollem Rechte eine doppelte nennen, eine, wie die Physiologie nachweist, direct erregende, und eine mittelbar erregende, veranlasst durch die Bewegung, in welche der Strom den Muskel versetzt. Dass dem wirklich so ist, und dass es nicht bloss eine der genannten Wirkungen allein ist, von welcher der therapeutische Erfolg des Faradismus abhängt, geht aber auch noch daraus hervor, dass auch in solchen Fällen noch eine Heilung erzielt werden kann, wo sowohl die willkürliche als die elektrische Bewegungsfähigkeit eines Muskels vollkommen verschwunden ist, und also die Bewegung keine Rolle spielen kann, da keine vorhanden ist. Was andererseits zu Gunsten der Bewegung spricht, ist der Umstand, dass in den meisten Fällen eine Heilung viel rascher erfolgt, wenn die elektrische Beweglichkeit eines Muskels ganz oder theilweise noch vorhanden, als wenn sie gänzlich fehlt.

Der zweite Punkt, den wir hier noch berühren wollen, betrifft die diagnostische und prognostische Bedeutung der Muskelfaradisation für die Lähmungen. Wir haben bereits gesehen, dass jeder erregungsfähige Muskel unter dem Einflusse eines Inductionsstromes sich contrahirt, welcher Vorgang von einer eigenthümlichen krampfähnlichen Empfindung begleitet ist, der durch die in dem Muskel sich verbreitenden sensitiven Nervenfasern (siehe S. 94) vermittelt wird. Die Fähigkeit eines Muskels nun, durch den elektrischen Reiz verkürzt zu werden, nennt Duchenne dessen elektro-muskuläre Contractilität, sowie das Wahrnehmen der genannten Empfindung dessen elektro-muskuläre Sensibilität (nicht zu verwechseln mit jener Empfindung, welche der Strom auf der Haut verursacht), und findet in der Würdigung dieser

Verhältnisse wichtige Anhaltspunkte für Diagnose und Prognose der genannten Krankheiten.

Die elektro-muskuläre Contractilität und Sensibilität ist am gesunden Menschen nicht nur verschieden nach der Individualität Einzelner, sondern sie ist es auch an einem und demselben Individuum, je nachdem dieser oder jener Muskel gereizt wird. Die ersterwähnte Verschiedenheit findet keinen anderen Grund zu ihrer Erklärung, als den, den man auch bei der Anwendung von Arzneistoffen, die bei gleicher Dosis bei verschiedenen Menschen verschiedene Wirkungen hervorbringen, in der Verschiedenheit des Alters, der Constitution etc. finden wird. Beträchtlicher noch ist dieser Unterschied an den einzelnen Muskeln eines und desselben Individuums, welcher in der anatomischen Lage und Beschaffenheit dieser begründet ist; je nachdem der Muskel oberflächlich unter dünner Bedeckung gelagert ist, oder von einem Fettpolster, von Zellgewebe, von einer dicken Epidermis u. s. w. bedeckt ist.

Eine weitere und für die Therapie wichtigere Verschiedenheit im Verhalten der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität einzelner Muskeln und Muskelgruppen finden wir in pathologischen Verhältnissen begründet, und diese Verschiedenheit ist es besonders, die uns bei genauer Prüfung und Würdigung ihres Verhaltens ein wichtiges Hülfsmittel zum Unterscheiden mancher Lähmungsformen an die Hand giebt. Schon Froriep machte auf diesen Umstand aufmerksam (Beobachtungen über die Heilwirkungen der Elektricität etc. Weimar 1843. S. 14), indem er fand, dass der rheumatisch gelähmte Muskel eine geringere Erregbarkeit besitzt, als dies bei manchen anderen Lähmungen der Fall ist, und findet dieses Verhalten für die Diagnose der Lähmungen von äusserster Wichtigkeit. M. Hall hebt ebenfalls eine solche Verschiedenheit in der elektrischen Contractilität einzelner Lähmungen hervor (Beobachtungen und Vorschläge aus dem Gebiete der praktischen Medicin. Uebers. von Posner. I. Thl. Leipzig 1846. S. 23. II. Thl. Leipzig 1847. S. 35), indem er fand, dass bei den spinalen und rheumatischen Lähmungen die elektrische Irritabilität der Muskeln verschwunden, während sie bei den cerebral bedingten Lähmungen nicht nur erhalten, sondern sogar erhöht ist (?). Duchenne, der sorgfältige Untersuchun-

gen über diesen Gegenstand angestellt hat, hat seine Beobachtungen weiter ausgedehnt und gefunden, dass der Zustand der elektrischen Muskelirritabilität uns wichtige Aufschlüsse in dieser Beziehung ertheilt, und dass das Kennen dieser Verhältnisse zur Diagnose der Lähmungen nothwendig ist. So ergiebt sich z. B. bei cerebral bedingten Lähmungen kein Unterschied in der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität an der gelähmten und der gesunden Seite, während bei spinalen Lähmungen die genannten Erscheinungen in vermindertem Grade wahrgenommen werden, je nach der Art des Rückenmarkleidens. Dasselbe finden wir bei Bleilähmungen, wo häufig die elektrische Erregbarkeit vollkommen verschwunden, während wieder bei den traumatischen Lähmungen die Contractilität bedeutend herabgestimmt oder gänzlich vernichtet, und die Sensibilität häufig erhalten oder je nach der Tiefe der Verletzung mehr oder weniger alterirt, aber doch nur in geringerem Grade alterirt ist. Dass aus diesen Verhältnissen für die Diagnose mancher pathologischer Erscheinungen gewichtige Anhaltspunkte hervorgehen, ist nicht zu verkennen, wenn wir uns erinnern, auf welche Schwierigkeiten wir nicht selten bei der Diagnose einzelner Lähmungen stossen; ich erwähne hier nur das Unterscheiden einer Hemiplegie von einer gewöhnlichen Faciallähmung, einer durch Bleiintoxication entstandenen Lähmung von einer spinalen Paraplegie u. s. w. Doch auch für die Prognose ist die Würdigung der genannten Verhältnisse von Belang, da in vielen Fällen von Lähmungen, mit oder ohne Ernährungsstörung, die Vorhersage nach der mehr oder minder tief gesunkenen elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität sich richtet und die Genesung fast immer mit der allmäligen Wiederkehr jener Hand in Hand geht.

Diese kurze Betrachtung wird genügen, die Wichtigkeit einer sorgfältigen Prüfung dieser Verhältnisse hervorzuheben, die uns nicht selten in diagnostischer Beziehung als einziger Anhaltspunkt dienen müssen. Denn welche Medication auch immer eingeschlagen werden mag, eine faradische, eine gymnastische, oder mit irgend welchen Arzneistoffen, stets bedürfen wir einer bestimmten Diagnose, und die erhalten wir nur durch Zuhülfenahme der Muskelfaradisation.

I.

Die Faradisation in der Therapie der Nervenkrankheiten.

Unter den Krankheiten, welche mit Erfolg mittelst der Faradisation behandelt werden können, begegnen wir zunächst der umfangreichen Gruppe der Nervenkrankheiten, welche einzeln im Nachstehenden zur Betrachtung kommen sollen. Es sind jedoch nur solche Fälle angeführt, deren erfolgreiche Behandlung durch die Erfahrung glaubwürdiger Beobachter nachgewiesen ist, welche ich mit meinen Beobachtungen vereint hier niederlege. Was die Ordnung anbelangt, in welcher die einzelnen Nervenkrankheiten aufgeführt sind, bin ich im Allgemeinen der Eintheilung Romberg's gefolgt, habe jedoch die Störungen im Bereiche der motorischen Nerven, Romberg's Motilitäts-Neurosen, als für unsere Betrachtung wichtiger, den Krankheiten der sensitiven Nervenfasern, den Sensibilitätsneurosen vorgesetzt, wobei jedoch, wie gesagt, alle jene weggelassen sind, bei denen eine erfolgreiche faradische Behandlung noch nicht nachgewiesen ist.

A. Krämpfe.

Als den gemeinschaftlichen Charakter der Krämpfe bezeichnet Romberg (Lehrbuch der Nervenkrankheiten, III. Aufl., I. Bd., S. 335) erhöhte Erregbarkeit und gesteigerte Erregung des motorischen Nerven, als Ausdruck dieser Erregung Mus-

kelcontraction in flüchtig wechselnder oder beharrlicher Erscheinung, klonischer oder tonischer Krampf. Wir werden hier vorerst die Frage zu erörtern haben, wie die Wirksamkeit des elektrischen Stromes, den wir doch als ein Reizmittel kennen gelernt haben, bei schon gesteigerter Nerventhätigkeit, wie das bei den Krämpfen der Fall ist, erklärt werden kann? Dass der elektrische Strom sich hier als wirksam beweist, ist eine constatirte Thatsache, es handelt sich also nur um den Grund, der hier die günstige Wirkung bedingt. M. Meier (l. c. S. 109) verweist in dieser Beziehung auf einen Ausspruch von Johannes Müller, welcher lautet: „Die Nervenkraft nimmt nur zu durch dieselben Mittel, durch welche sie beständig wiedererzeugt wird, nämlich die beständige Reproduction aller Theile aus dem Ganzen und des Ganzen durch die Assimilation. Für einen geschwächten Theil sind gelinde Reize daher nicht darum nützlich, weil sie die Reizbarkeit erhöhen, denn das thun sie nicht, sondern weil ein gereizter Theil mehr der Ergänzung des Ganzen entspricht und daher vorzugsweise wieder erzeugt und ergänzt wird.“ Es ist nicht zu leugnen, dass die Anwendung dieser Worte J. Müller's auf den fraglichen Gegenstand etwas Plausibles hat, und dass wohl auch in vielen Fällen, wo der elektrische Strom eine krankhaft gesteigerte Nervenerregung zu beseitigen vermag, die Wirkung nur auf diese Weise erklärt werden kann, z. B. bei der anerkannten Wirksamkeit des faradischen Stromes gegen Neuralgien, wo häufig eine zwei- bis dreimalige Anwendung desselben zur Heilung oder mindestens zum Nachlass der Erscheinungen ausreicht. Es mögen auch jene Krämpfe hieher gerechnet werden, bei denen der erhöhten Nervenerregung eine Ernährungsstörung zu Grunde liegt, wo der erkrankte Muskel ein mehr atrophisches, ein blasses und schlaffes Ansehen hat. Nun sind aber auch Fälle bekannt, wo eine Hypertrophie des Muskels den Krampf begleitet, besonders wo der Krampf von langer Dauer war. Romberg erwähnt (l. c. S. 339) einen von Bell beobachteten Fall, wo der vom Krampfe befallene M. sternocleidomastoideus allmälig die Dicke des M. biceps annahm, und findet es nicht unwahrscheinlich, dass die Hypertrophie des Herzens öfters Folge von lang andauernden Palpitationen ist.

Da nicht nur die einem Krampfe zu Grunde liegenden

Momente, sondern auch die objectiven Erscheinungen desselben verschieden sind, so muss auch die einzuschlagende Behandlung eine verschiedene sein, und ebenso verschieden wird auch die Art und Weise der Erklärung der Wirksamkeit des faradischen Stromes sein müssen. So z. B. kann ein Muskel von einem tonischen Krampfe befallen werden und nach und nach eine völlige Contractur erzeugen, wenn seine Antagonisten gelähmt werden. Hier wird eine Erregung der gelähmten Muskeln den Krampf der Antagonisten beseitigen. Auch die günstige Wirkung des faradischen Stromes auf die Ernährung darf hier nicht ausser Acht gelassen werden, wie sowohl das physiologische Experiment, als auch die praktische Erfahrung gezeigt hat. Wir werden daher die Wirksamkeit des faradischen Stromes bei der Behandlung von Krämpfen im Allgemeinen auf folgende Momente zurückführen können. 1) Auf die wohlthätig erregende Wirkung des Stromes im Sinne der oben citirten Worte J. Müller's; 2) auf die Verbesserung der Ernährung des vom Krampfe befallenen Muskels; und 3) auf die Wiedererregung der durch Lähmung oder Atrophie unthätig gewordenen Antagonisten, wo diese als Ursache eines Krampfes zu betrachten sind. Die Anwendung des faradischen Stromes ist also entweder eine unmittelbare auf den vom Krampfe befallenen Muskel, oder eine mittelbare durch Erregung der anscheinend gesunden Antagonisten. Im ersteren Falle bediene man sich nur sehr schwacher Ströme, aber mit raschen Unterbrechungen, da diese, wie die Erfahrung gezeigt hat, auf die Erhöhung des Tonus, sowie auf die Ernährung besonders günstig wirken. Bei der Erregung der gelähmten Antagonisten verfahre man nach den bei den Lähmungen im Allgemeinen angegebenen Regeln.

1) Krampf im Bereiche des N. facialis.

Gesichtsmuskelkrampf.

Unter den im Bereiche des N. facialis vorkommenden Krämpfen, welche so häufig allen Medicationen widerstehen, scheinen sich zur faradischen Behandlung die durch rheumatischen Anlass entstandenen zu eignen, worüber positive Erfahrungen vorliegen. Froriep veröffentlichte unter anderen zwei

hier einschlägige Fälle, wo er die Inductionselektricität mit Erfolg anwendete (Beobachtungen über die Heilwirkung der Elektricität etc. Weimar 1843, S. 138). Der eine betrifft ein 38 Jahr altes Fräulein, welche in ihrem 22. Jahre aus der angegebenen Veranlassung von einem convulsivischen Zucken des linken unteren Augenliedes befallen wurde, welches nach mehrjährigem Bestehen sich auf die ganze linke Gesichtshälfte ausdehnte. Eine mit Unterbrechung circa siebenmonatliche Anwendung der Inductionselektricität hatte den Erfolg, dass ausser im Verhältniss zu früher nur leichten und selten wiederkehrenden Zuckungen einzelner Muskeln keine weitere Difformität mehr wahrnehmbar war. Der zweite, dem ersten ganz ähnliche Fall betraf eine 28jährige, sonst gesunde Frau, welche seit zwei Jahren an krampfhaften Zuckungen des linken unteren Augenliedes, des linken Mundwinkels und der Wange litt. Froriep wendete, nachdem alle anderen Mittel fehlgeschlagen hatten, den Inductionsstrom an und beseitigte das Uebel nach etwa fünf Monaten vollkommen. Die Art und Weise des Faradisirens ist von Froriep nicht näher bezeichnet. Am geeignetsten dürfte es sein, die vom Krampfe befallenen Muskel mit schwachen aber raschen Strömen zu faradisiren, abwechselungsweise mit Faradisation der Haut an der Austrittsstelle des N. facialis zwischen dem Kieferwinkel und dem Warzenfortsatze, ob Schmerzhaftigkeit an den betreffenden Stellen vorhanden oder nicht*). M. Meier theilt ebenfalls eine hieher gehörige, sehr gelungene Heilung mit (l. c. S. 111). Ein 21jähriger kräftiger und stets gesunder Soldat litt in Folge einer rheumatischen Augenentzündung an einer krankhaften Reizbarkeit des M. orbic. palp., welche sich im Verlaufe einiger Monate nach und nach auch den M. M. corrugat. supercil. beiderseits, dem M. zygomat. maj. und platismam. der rechten Seite mittheilte, und endlich auch den M. sternocleidom., die M. M. scaleni, den M. rectus capit. maj. und min. und den M. longus colli in Mitleidenschaft zog, so dass ausser dem Zucken der genannten Gesichtsmuskeln auch noch eine beständige Dre-

*) Die bei Facialaffectionen nicht selten vorkommenden Schmerzen sind bei der rein motorischen Natur des N. facialis durch Anastomosen mit den Fasern des N. trigeminus bedingt.

hung des Kopfes von rechts nach links erfolgte. Ein fünfmaliges Faradisiren der einzelnen erkrankten Muskeln reichte hin, das Leiden vollkommen zu beseitigen.

2) Krampf im Bereiche des N. access. Wil.

Halsmuskelkrampf.

Dass die Inductionselektricität hier Günstiges zu leisten vermag, zeigt der vorhin von M. Meier citirte Fall, wo bei einem Krampfe der Gesichtsmuskeln auch die Halsmuskeln am Krampfe sich betheiligten. Romberg erwähnt eines in Guy's hosp. report, Vol. VI, p. 94 mitgetheilten Falles, der durch die Reibungselektricität (Funkenziehen aus dem Nacken) geheilt wurde. Statt des Funkenziehens bedient man sich einfacher und mit mehr Vortheil der cutanen Faradisation, auf welche ich daher hinzuweisen nicht für überflüssig erachte. Duchenne erwähnt ebenfalls (l. c. S. 893) eines Falles, der zum Theil hieher zu rechnen ist, und den er Torticalis der portio clavic. des M. trapec. nennt, eine Deformität, welche durch Contractur der genannten Muskeln veranlasst worden war, wobei der M. sternocleidom. derselben Seite erschlafft war, während der der anderen Seite als ein starrer Strang unter der Haut hervorsprang. Eine lange fortgesetzte Faradisation der Clavicularportion des gesunden M. trapecius beseitigte das Uebel vollkommen, ohne dass auf die M. M. sternocleidom. eingewirkt wurde.

3) Krampf im Bereiche des N. laryngeus inf.

Stimmkrampf.

M. Meier veröffentlichte zwei hieher gehörige Fälle (l. c. S. 112), welche er durch Faradisiren der N. N. laryngei inf. heilte, und wovon ich einen im Auszuge hier wiedergebe:

Ein kräftiges, sonst gesundes Mädchen von 13 Jahren, noch nicht menstruirt, aber körperlich sehr entwickelt, bekam, nachdem sie etwa zwei Jahre vorher den Keuchhusten mit nachfolgender, ein halbes Jahr anhaltender Aphonie überstanden hatte, im September 1850 einen Lungencatarrh, der allmälig an Heftigkeit zunahm, von heftigen convulsivischen Hustenanfällen begleitet war, zu dem im Laufe von weiteren zwei Monaten endlich Aphonie hinzutrat. Die einzelnen convulsivischen Hustentöne wurden durch ein tiefes, schnurrendes, die Inspiration begleitendes, trompetenähnliches Ge-

räusch unterbrochen. Die Hustenanfälle traten viertel- bis halbstündlich ein, und dauerten jedesmal 28 Minuten. Nachdem alle gegen dieses Leiden eingeschlagenen Medicationen erfolglos geblieben, schritt M. Meier im Juli 1851 zur Faradisation des N. laryngeus inf., welchen Nerven er für erkrankt und als die Ursache des Leidens ansah. Er setzte zu diesem Behufe den einen Stromgeber, dem Verlaufe des genannten Nerven entsprechend, an der inneren Seite des M. sternocleidom. in der Furche zwischen der Trachea und dem Oesophagus an, während er den anderen an die Proc. transversi der obersten Halswirbel applicirte. Nach 16täglichen Sitzungen von halbstündiger Dauer machten die einzelnen Anfälle Pausen von zwei bis drei Stunden und dauerten nur noch drei bis fünf Minuten, zu gleicher Zeit nahmen alle den Krampf begleitenden Symptome an Intensität ab. Die Anwendung wurde in der darauf folgenden Woche jeden Tag zweimal wiederholt, worauf die Anfälle gänzlich ausblieben, ohne später wieder zum Vorschein gekommen zu sein. Ein zweiter, dem ersten ganz ähnlicher Fall betraf einen anämischen, schwächlichen zwölfjährigen Knaben, und wurde auf die gleiche Weise geheilt, nur wurde bei diesem gleichzeitig Zincum sulphuricum in ¼ Gran-Dosen gegeben.

4) Krämpfe im Bereiche der motorischen Nerven der Extremitäten.

Hesse erwähnt in einer Schrift (Erfahrungen und Beobachtungen über die Anwendung des magneto-elektrischen Rotationsapparates etc. Neubrandenburg 1843) eines interessanten Falles von Krampf der Streckmuskeln der Zehen des rechten Fusses bei einem jungen Manne, der durch theilweise Lähmung der Flexoren der Zehen veranlasst wurde. Beim Gehen, überhaupt bei jeder Anstrengung des Fusses, stellten sich die Zehen in die Höhe. In der Ruhe liessen die Erscheinungen nach, Patient konnte die Zehen dann flectiren, immer jedoch nur mit einiger Mühe, in Folge des Uebergewichts der Zehenstrecker. Eine fünfzigmalige Anwendung kräftiger, magneto-elektrischer Ströme auf die Streckmuskeln der Zehen beseitigte das Uebel vollkommen.

Einer gelungenen Heilung eines Falles von Schreibekrampf, der als begleitende Erscheinung einer Bleilähmung auftrat, erwähnt M. Meier, und werden wir dieselbe bei den Lähmungen anführen.

An die Erwähnung dieser beiden Fälle von Stimmkrampf knüpft Meier die Bemerkung, dass dasselbe Verfahren wohl auch beim Keuchhusten mit Erfolg angewendet werden könnte, nachdem das entzündliche Stadium vorüber und das Leiden

den rein krampfhaften Charakter angenommen hat. Ja es ist wahrscheinlich, dass auch noch andere, sowohl in- als exspiratorische, Krampfzustände, wie z. B. der Singultus, auf ähnliche Weise mit Erfolg behandelt werden könnten, worüber jedoch zur Zeit noch keine positiven Erfahrungen vorhanden sind. Auch gegen spinale Krämpfe, so besonders gegen Chorea, wurde die Elektricität mehrfach empfohlen und angewendet. Romberg empfiehlt ihre Anwendung, desgleichen englische Aerzte (Guy's hosp. rep. 41, Vol. VI, p. 87). Unter 36 auf diese Weise behandelten Fällen kam bei 35 entweder vollkommene Heilung oder bedeutende Besserung in kurzer Zeit zu Stande.

B. Lähmungen.

Die umfassendste und zugleich erfolgreichste Anwendung findet der faradische Strom bei den verschiedenen Arten von Lähmungen motorischer Nerven und den von diesen versorgten Muskeln. Ja es wird wohl kaum eine Lähmung geben, bei welcher die Faradisation, mit der nöthigen Ausdauer und Umsicht angewendet, ganz erfolglos bliebe; selbst diejenigen Formen von Lähmungen, welche centralen Ursprungs sind, wie die cerebralen und spinalen Lähmungen, erfahren mindestens eine Besserung, ein nicht unbedeutender Theil davon sogar vollkommene Heilung. Der elektrische Strom übt hier seine erregende und gleichsam wiederbelebende Wirkung auf die Nerven in vollem Maasse aus, und es ist deshalb die günstige Wirkung des unterbrochenen Stromes bei einem Leiden, das grossentheils auf mangelhafter vitaler Erregung beruht, auch leicht erklärlich. Die Faradisation ist das kräftigste Reizmittel für die motorischen Nerven und Muskeln, und nimmt daher in der Therapie der Lähmungen der genannten Organe mit Recht auch den ersten Rang ein. Die Prognose richtet sich zum Theil nach der Art der Lähmung, ob diese centralen oder peripherischen Ursprunges und, wie ich schon früher (S. 174) erwähnte, nach dem Zustande der elektrischen Contractilität und Sensibilität der gelähmten Muskeln. Welch hohen Werth die Faradisation für die Diagnose der Lähmungen

besitzt, wurde ebenfalls an derselben Stelle schon gezeigt, und werden wir bei der nachfolgenden Aufzählung der einzelnen Lähmungen speciell darauf hinweisen.

Bei der Faradisation gelähmter Muskeln bleibt im Allgemeinen noch zu berücksichtigen, dass man den elektrischen Reiz nicht zu lange auf einmal einwirken lässt, indem man sonst, statt die Reizbarkeit zu erhöhen, diese zu erschöpfen Gefahr läuft; ferner bediene man sich im Anfange der Behandlung immer nur schwacher Ströme und gehe nur allmälig zu einem stärkeren Strome über, überhaupt wende man nie einen stärkeren Strom an, als der Zustand der Erregbarkeit des Muskels es erfordert. Dies gilt besonders für solche Muskeln, deren elektrische Contractilität und Sensibilität noch theilweise oder vollständig erhalten ist. Ein stärkerer Strom, als nothwendig ist, den Muskel zu contrahiren, ist nicht allein überflüssig, sondern kann in gewisser Beziehung sogar nachtheilig wirken, indem er die Muskelnerven übermässig erregt, was in der Wirkung einer zu lange fortgesetzten Erregung gleichkäme. Der Zustand der Erregung der Muskelnerven muss daher stets als Maassstab für die anzuwendende Stromstärke gelten.

Bei dem Faradisiren gelähmter Muskeln, besonders des Vorderarmes, die ihre elektrische Contractilität verloren oder bedeutend in ihrer Ernährung gelitten haben, deren Antagonisten aber ihre normale Erregbarkeit besitzen, kommt es bisweilen vor, wie ich mehrmals beobachtete, dass unerwartet die nicht gelähmten Antagonisten den auf die gelähmten Muskeln ausgeübten Reiz durch eine ihrer Function entsprechende Bewegung bevorworten, so dass, wenn man die Extensoren der Finger oder des Carpus faradisirt, plötzlich Beugung der Finger oder der Hand erfolgt, oder umgekehrt. Dies kann dadurch vermieden werden, dass man die Stromgeber möglichst nahe bei einander ansetzt, wodurch ein theilweises Ueberströmen des ziemlich starken Stromes auf die viel reizbareren Antagonisten, welches ich als den Grund der genannten Erscheinung betrachte, nicht so leicht stattfinden kann.

1) Traumatische Lähmung der motorischen oder gemischten Nerven.

Duchenne rechnet zu dieser Form nicht nur die durch directe Verletzung der Nervensubstanz entstandenen Lähmungen, sondern auch alle diejenigen, die durch irgend eine störende äussere Einwirkung, durch Quetschung, Druck, Zerrung etc. verursacht wurden. Das gemeinschaftliche Symptom Aller ist ganzer oder theilweiser Verlust der elektromuskulären Contractilität, je nach der Art und Tiefe der Verletzung. Die Sensibilität der Muskeln ist häufig normal oder doch nur in geringerem Grade alterirt, als die elektrische Contractilität derselben. Jene wird erst mehr in Mitleidenschaft gezogen, wenn die Verletzung sehr tief gehend, oder wenn der Muskel in seiner Ernährung bedeutend gelitten, welchem Zustande traumatisch gelähmte Muskeln nach und nach immer verfallen. Das Eigenthümliche hiebei ist, dass manchmal die gelähmten Muskeln sehr rasch atrophiren, in wenigen Monaten oft schon über die Hälfte ihres Volumens eingebüsst haben, während bei anderen wieder dieser Process sehr langsam vor sich geht, ohne dass eine directe Ursache klar vorläge. Ausnahmsweise findet man manchmal auch, dass der gelähmte Muskel seine elektrische Contractilität fast normal erhalten, nämlich in solchen Fällen, wo ein kurz anhaltender leichter Druck auf den Nerven die Lähmung bedingte, ohne dass die Substanz desselben verletzt war. Duchenne will auch die gegentheilige Erscheinung beobachtet haben, wo nämlich die elektrische Contractilität des Muskels theilweise verloren ging, ohne dass dessen willkürliche Bewegung beeinträchtigt gewesen wäre, welcher Fall, wenn er auch wirklich vorkam, strenge genommen nicht hieher gehört. Ist die Verletzung eines Nervenstammes der Art, dass dessen Continuität vollkommen aufgehoben und die Leitung unterbrochen ist, so verlieren alle in dem Bereiche dieses Nerven gelegenen Muskeln ihre Contractionsfähigkeit vollkommen und verfallen rasch der Atrophie. Auch die Sensibilität der Haut findet man manchmal mehr oder minder alterirt, doch weit seltener als die elektromuskuläre Contractilität und Sensibilität. Das Vor-

handensein einer Anästhesie der Haut hängt von der Stelle ab, an welcher die Verletzung der Nerven getroffen, ob unterhalb der verletzten Stelle noch ein Hautast abgeht, oder ob die Verletzung gleichzeitig einen solchen mitgetroffen hat.

Die Prognose der traumatischen Lähmungen hängt von der Tiefe der Verletzung ab, welche sich, wie wir gesehen, an der mehr oder minder gesunkenen elektromuskulären Contractilität und Sensibilität erkennen lässt. Sie ist im Allgemeinen für die Faradisation eine sehr günstige zu nennen. Am günstigsten ist sie, wenn weder die elektrische Contractilität noch die Sensibilität des gelähmten Muskels erheblich gelitten hat, hier werden zwei bis drei Sitzungen zur Hebung des Leidens genügen. Minder günstig gestaltet sich die Prognose, wenn die elektromuskuläre Contractilität beträchtlich gelitten oder ganz verschwunden, oder wenn die Sensibilität der Muskeln gleichzeitig mitergriffen ist. Ist zugleich Anästhesie der Haut vorhanden, ein Zeichen, dass die Verletzung eine sehr tiefgehende ist, so wird die Prognose noch mehr getrübt. Doch darf man bei dieser Lähmungsform nie an dem Erfolge verzweifeln; selbst vollkommen getrennte Nervenenden vereinigen sich wieder, wie die Erfahrung gelehrt hat, und, mit der gehörigen Geduld und Ausdauer zu Werke gegangen, vermag die Faradisation hier wahrhaft Ueberraschendes zu leisten, wie namentlich eine Beobachtung Duchenne's (l. c. S. 658), die wir in Kürze wiedergeben werden, auf das Eclatanteste beweist.

A. Musset, 19 Jahr alt, Buchdrucker, hatte sich an dem Rade einer Maschine eine so beträchtliche Verletzung an der Volarseite des rechten Vorderarmes zugezogen, dass der N. ulnaris, die Sehne des Flexor sublimis und profundus, des Palmaris longus, des Flexor carpi ulnaris, ferner der Palmaris brevis und die Art. ulnaris vollkommen durchschnitten und theilweise zerrissen waren, und Patient erst nach drei Monaten, aber mit vollkommen gelähmter Hand und atrophischen Muskeln, das Hospital verlassen konnte. Als Duchenne vier Jahre darauf den Kranken zum ersten Male sah, war die Hand zum Skelett abgemagert, auf der Solarfläche traten die Sehnen der Fingerbeuger und die Köpfe der Mittelhandknochen hervor. Die beiden letzten Phalangen der Finger waren in beständiger Flexion, die ersten in übernatürlicher Extension, gegen den Rücken der Hand unter einem rechten Winkel gebeugt, wodurch eine theilweise Luxation jener auf den Meta carpus verursacht wurde. Jeder Versuch, die Finger in ihre normale Lage zu bringen, scheiterte und vervollständigte die Luxation. Die zur Kralle verunstaltete Hand war unfähig, irgend eine Bewegung vorzunehmen, und bei jedem Bewegungsversuch der Sitz heftiger

Schmerzen. Die Hand war unempfindlich, fühlte sich kalt an, hatte ein livides Ansehen, ihre Hautvenen waren nicht sichtbar. Die elektrische Contractilität war in sämmtlichen Muskeln erloschen, die Haut am kleinen und der inneren Fläche des Ringfingers gegen elektrische Reizung vollkommen unempfindlich.

Duchenne übernahm nun die faradische Behandlung der für verloren gehaltenen Hand, und führte sie auch, wie wir sehen werden, mit dem besten Erfolge durch. Er faradisirte mit sehr kräftigen Strömen sämmtliche Handmuskeln, und schon nach der zehnten Sitzung empfand der Kranke statt der früheren Schmerzen ein Gefühl von Hitze in der Hand. Allmälig fing die Ernährung an eine bessere zu werden, die Vertiefungen zwischen den Mittelhandknochen füllten sich mehr und mehr aus, und ebenso verbesserte sich nach und nach die Stellung der Finger. Zur Beseitigung der Anästhesie der Haut faradisirte Duchenne gleichzeitig auch diese mit dem Metallpinsel. Das Wärmegefühl nahm immer mehr zu. Die Hautfarbe wurde normaler, die Hautvenen und die kleinen Handmuskeln kamen zum Vorschein, reagirten auf den faradischen Strom, ohne jedoch willkürlich bewegt werden zu können. In diesem Zustande befand sich Musset nach etwa dreimonatlicher Behandlung, und da er die weitere Heilung von der Natur erwartete, entzog er sich einer ferneren Behandlung. Hierin in seiner Erwartung getäuscht, unterzog er sich derselben neuerdings, welche, nachdem sie etwa ½ Jahr mit Unterbrechungen fortgesetzt wurde, den Kranken soweit herstellte, dass die Finger ziemlich ihre normale Stellung eingenommen, ihre willkürliche Bewegung erlangt hatten und er im Stande war, die Abhandlung, in welcher Duchenne diese Krankengeschichte veröffentlichte, selbst zu copiren.

Duchenne erwähnt in seinem instructiven Werke ausserdem noch zehn anderer, hieher gehörigen Fälle, welche sämmtlich durch die Faradisation geheilt wurden, und von denen ich noch einige im Auszuge hier folgen lasse.

G. Laborie, 40 Jahr alt, Mechaniker, zog sich durch einen Fall mit dem Vorderarm gegen einen festen Körper eine Contusion zu, deren unmittelbare Folgen, Schmerz mit Anschwellung der betreffenden Partie, in wenigen Tagen beseitigt waren. Drei bis vier Wochen nachher gewahrte er eine Schwäche in der Hand, die allmälig zunahm und ihn am Gebrauche der Hand völlig hinderte. Reizende Einreibungen, Schwefelbäder wurden längere Zeit, jedoch erfolglos, in Anwendung gezogen. Fünf Jahre nachher, als Duchenne den Kranken zur Behandlung bekam, waren die Muskeln der Hand zwar gelähmt, aber trotz der langen Dauer nur sehr wenig atrophisch geworden. Die Hand war unfähig eine Faust zu machen, konnte zwar grössere Gegenstände festhalten, aber keine kleineren. Die ersten Phalangen konnten fast gar nicht gebeugt werden, wohl aber die beiden letzten. Ad- und Abduction unmöglich. Das Strecken der Finger normal, die Bewegungen des Daumens frei. Eine sorgfältige Untersuchung zeigte, dass der N. ulnaris der leidende Theil war, da sämmtliche von diesem Nerven versorgten Muskeln in ihrer elektrischen Contractilität beträchtlich gelitten hatten. Zugleich war der Tastsinn an den Fingerspitzen aufgehoben.

Duchenne liess nun einen sehr kräftigen Strom auf die einzelnen gelähmten Muskeln einwirken, und nach etwa einer Viertelstunde hatte er die Ueberraschung, zu sehen, wie Laborie die Hand und die Finger vollkommen frei und ungehindert bewegen konnte. Nach vier weiteren Sitzungen, in denen zugleich er die Haut der Finger und des Handrückens kräftig faradisirte, war auch der Tastsinn vollkommen normal zurückgekehrt und Laborie von seinem fünf Jahre bestehenden Leiden in fünf Tagen völlig befreit.

Dieser Fall contrastirt sowohl in seinem Verlaufe wie in der Zeit der Heilung mit den Vorhergehenden. Die Lähmung bestand an fünf Jahre, ohne dass die Muskeln bemerkbar in ihrer Ernährung gelitten hatten, und trotz des langen Bestandes der Lähmung genügte eine fünfmalige Faradisation zur gänzlichen Beseitigung derselben. Er zeigt auch zugleich, wie selbst leichte traumatische Einflüsse Lähmungen veranlassen können, die von der Natur nicht geheilt werden, wie ich ebenfalls wieder in einem unten angeführten, von mir beobachteten Falle bestätigt fand.

Haumont, 45 Jahr alt, bekam einen heftigen Schlag auf die linke Schulter durch eine aus dem vierten Stockwerke eines Hauses auf ihn herabstürzende Frau. Tags darauf konnte er den Arm nicht vom Rumpfe entfernen, die Bewegungen des Vorderarmes und der Hand waren nicht beeinträchtigt. Er suchte dagegen Hülfe in einem Spital, wo man eine Lähmung des N. circumflexus humeri diagnosticirte, und während zweier Monate verschiedene Medicationen erfolglos dagegen eingeschlagen hatte. Als der Kranke hierauf Duchenne zur Behandlung übergeben wurde, fand er den M. deltoideus bedeutend atrophirt, ebenso hatten auch alle Muskeln des linken Vorderarmes an ihrem Umfange verloren, die Beugung desselben gelingt nur mit Mühe, Schmerzen in dem gelähmten Gliede, Gefühl von Kälte in der kranken Schulter, der M. deltoideus und Supinator long. grösstentheils ihrer elektrischen Contractilität beraubt. Die einzelnen Muskeln wurden nun mit starken Strömen je nach dem Grade ihrer Erregbarkeit faradisirt, und schon nach der fünften Sitzung machte sich eine Beweglichkeit des Armes nach rückwärts bemerkbar, nach der zwölften Sitzung nach aussen und vorn, und Haumont konnte die Hand nach dem Munde führen, die Schmerzen verschwanden. Die Beweglichkeit des Armes nahm nun immer mehr zu und nach zwei Monaten war die Heilung vollendet. Als Duchenne sechs Monate später den Kranken wieder untersuchte, fand er, dass der M. deltoideus, obwohl vollkommen dem Willen gehorchend, doch seine elektrische Contractilität noch nicht wieder erlangt hatte.

Nachstehend erwähne ich zweier von mir beobachteten Fälle, wovon der eine, ein frischer Fall, in einer Sitzung vollkommen geheilt wurde, und der andere, ein veralteter, mit vollkommenem

Verluste der elektromuskulären Contractilität und Sensibilität, zugleich mit partieller Anästhesie der Haut, auf dem Wege der Besserung sich befindet, und seine vollständige Heilung mit der grössten Wahrscheinlichkeit, wenn auch erst im Laufe von zwei bis drei Monaten, vorausgesehen werden kann.

Der erste Fall betrifft die 29 Jahre alte Näherin Sophie Lochmüller von hier, die, an einer nicht bestimmt diagnosticirten Lähmung der rechten unteren Extremität leidend, im Winter 1855 auf 1856 auf der Strasse ausglitt und mit der Ulnarseite des rechten Vorderarmes circa 2 Zoll unter dem Olecranon auf einen Stein fiel. Ausser einer leichten Anschwellung der betreffenden Stelle und eines dieser entsprechenden Schmerzes, war am darauf folgenden Tage, als ich Patientin sah, keine Functionsbeeinträchtigung vorhanden. Nach weiteren drei Tagen kam dieselbe wieder zu mir und klagte über eine Unbeweglichkeit und Taubheit der Finger. Eine genaue Untersuchung zeigte, dass der N. ulnaris durch den beim Fallen erlittenen Stoss gelähmt war. In Folge davon waren es auch die M. M. interossei und der flex. carpi uln., daher war Ad- und Abduction der Finger, mit Ausnahme des Daumens, dessen Beweglichkeit frei war, unmöglich, das Strecken und Beugen der beiden letzten Phalangen, das Beugen der ersten Phalangen und der Hand erschwert, elektromuskuläre Contractilität und Sensibilität allenthalben normal; die Sensibilität der Haut in der Hohlhand und dem dritten und vierten Finger herabgestimmt. Ich faradisirte mit einem mässigen Strome abwechselungsweise den N. ulnaris und jeden der M. M. interossei, welche als gelähmt die genannte Bewegungsbeeinträchtigung der Finger veranlassten. Nach etwa 15 Minuten waren alle Bewegungen der Finger und der Hand wieder vollkommen frei. Das Gefühl von Taubheit wich nach wenigen Minuten einer kräftigen Faradisation der genannten Hautstellen.

J. Lämmermann, 43 Jahr alt, Metallschläger von hier, wurde durch Auffallen eines Balkens der linke Oberarm circa auf der Mitte des Knochens gebrochen. Er ging deshalb in das Spital, aus dem er nach sechs Wochen, nachdem die Bruchenden in normaler Lage wieder vollkommen verwachsen waren, Ende Mai v. J. als geheilt entlassen wurde. Schon nach vier Wochen seines Aufenthaltes im Spitale bei der Abnahme des ersten Verbandes waren die Extensoren der Finger und der Hand gelähmt, da man jedoch Heilung von der Natur erwartete, wurde dieser Zustand nicht weiter berücksichtigt und Patient entlassen. In der Zeit seines Austritts aus dem Spitale bis zum 1. Februar d. J., wo er mir von Herrn Dr. Kreitmeier zur faradischen Behandlung übergeben wurde, waren verschiedene reizende Einreibungen auf die gelähmten Theile in Anwendung gebracht worden und ihm angerathen, den Arm in halbgebeugter Lage in der Schlinge zu tragen. Als ich Lämmermann am genannten Tage zum ersten Male sah, fand ich sämmtliche Extensoren der Finger und der Hand vollkommen gelähmt. Die Hand hing bei etwas erhobenem Vorderarme fast unter einem rechten Winkel schlaff herunter; die Muskeln des Oberarmes normal, eine Contractur der Antagonisten der gelähmten Extensoren nicht vorhanden, wohl aber war der M. pronator teres durch die bestän-

dige Pronationslage des Armes in der Schlinge etwas verkürzt und deshalb eine vollkommene Suppination unmöglich. Das Volumen der gelähmten Muskeln, gegenüber der der gesunden Seite, nur unmerklich verringert, ebenso das der Hautvenen; die Hautfarbe normal. Die elektrische Contractilität und Sensibilität war in allen gelähmten Muskeln vollkommen erloschen, die stärksten Ströme brachten keine Wirkung, nicht die leiseste Bewegung in den Muskelbündeln hervor, die Sensibilität der Haut unmittelbar über den gelähmten Muskeln etwas herabgestimmt; die elektrische Contractilität und Sensibilität aller übrigen Muskeln, so auch sämmtlicher M. M. interossei, normal.

Wir haben es hier mit einer Lähmung des N. radialis zu thun, höchst wahrscheinlich veranlasst durch den Druck eines Verbandstückes während der Heilung der Fractur, und zwar muss die traumatische Einwirkung im unteren Drittheile des Oberarmtheiles des genannten Nerven, unterhalb des Abganges der Aeste für den M. triceps, stattgefunden haben, da die Function dieses Muskels nicht beeinträchtigt war. Da die elektrische Erregbarkeit aller unter dem Einflusse des N. radialis befindlichen Muskeln gänzlich erloschen, auch die Sensibilität der Haut stellenweise beträchtlich alterirt war, so müssen bei der stattgehabten Verletzung wohl sämmtliche Primitivfasern des Nerven gelitten haben und es musste demgemäss die Prognose auch ungünstig ausfallen. Nichtsdestoweniger unternahm ich die Behandlung, indem ich sehr starke Ströme auf die gelähmten Muskeln und abwechselungsweise auf den N. radialis, wo er unter dem triceps auf die äussere Oberarmfläche hervortritt, einwirken liess. Schon bei der dritten Sitzung bemerkte ich eine wellenförmige Bewegung einiger Muskelbündel, jedoch ohne alle weitere sichtbare Wirkung; auch waren die den Patienten stets quälenden Schmerzen in der Beugeseite des Ellbogengelenks völlig verschwunden. Am achten Tage hatten diese Bewegungen sichtbar zugenommen, zugleich bemerkte ich auf dem Rücken der Hand, dass die Sehnen der Strecken, die zuvor völlig unbeweglich geblieben waren, unter dem Einflusse des faradischen Stromes sich zu bewegen begannen Heute nach der vierzehnten Sitzung ist die Contraction der Muskeln noch beträchtlicher und die einzelnen Muskeln treten beim Faradisiren abgegrenzt hervor, die Bewegung der Sehnen wird energischer und fängt an auf das Heben der Finger zu wirken; seit zwei Tagen beginnt auch die willkürliche, obwohl noch schwache Streckung und Abduction des Daumens. Der wenn auch noch schwache Erfolg der Behandlung musste doch die Prognose weit günstiger gestalten, als dies vor der Anwendung der Faradisation der Fall war, und es wird eine vollkommene Heilung höchst wahrscheinlich, wenn auch erst im Verlaufe von zwei bis drei Monaten, erzielt werden. Zur Unterstützung der Kur lasse ich Patient eine Bandage mit elastischen Bändern zum Ersatze für die Extensoren der Hand und der Finger tragen, um wenigstens eine passive Bewegung der gelähmten Extensoren einestheils durch die elastischen Bänder, anderentheils durch die Flexoren der Finger und der Hand zu ermöglichen. Dieselbe besteht aus einem oberhalb des Handgelenkes mit Schnallen befestigten und auf der Innenseite gepolsterten Ledergürtel, von welchem aus sechs elastische Bänder zu den Fingern gehen, welche an den ersten Phalangen derselben mittelst schmaler Lederriemen befestigt sind. Vier der genannten Bänder gehen zu den vier

letzten Fingern, zwei unter einem spitzen Winkel zur ersten Daumenphalanx zum Ersatz für den M. extensor policis longus und den Abductor policis longus. Patient kann mittelst dieser Vorrichtung mehrere Bewegungen der Hand und der Finger ziemlich normal ausführen, die früher absolut unmöglich waren, wie das Strecken der Hand und der Finger, ausserdem unterstützt sie die Thätigkeit der M. M. interossei wesentlich, die, obwohl nicht gelähmt, doch ihre Wirkung bei dem Herabhängen der Hand nicht entfalten konnten. Wurde die Hand gehoben, so konnte Patient durch seine gesunden M. M. interossei die Finger ganz normal beugen und strecken*), was bei der völligen Unthätigkeit der Extensorengruppe nicht möglich war.

M. Meier erwähnt ebenfalls zweier hieher gehörigen Fälle (l. c. S. 101 und 133):

Eine kräftige, gesunde Frau von 42 Jahren, mit dem Vorderarm auf die Kante eines Fensterbrettes gestützt, schlief ein, und als sie erwachte, war die Hand gelähmt. Sie war unter einem rechten Winkel zum Vorderarm geneigt, die Finger durch das Uebergewicht der Flexoren nach innen gerichtet, Gefühl von Taubheit in der gelähmten Hand. Rieseln in der Haut auf der Rückenfläche des Unterarms bis zur Hand; reizende Einreibungen ohne Erfolg. Sechs Tage nach dem Unfalle, als Meier Patientin sah, war die elektrische Contractilität und Sensibilität in den gelähmten Muskeln völlig intact. Diagnose: Lähmung des N. radialis. Eine zweimalige Faradisation des genannten Nerven und der gelähmten Muskeln genügte zur Heilung, das Taubheitsgefühl währte noch 14 Tage lang, wurde jedoch nicht weiter mehr berücksichtigt, da es dann selbst verschwand.

Ein kräftiger Mann von 30 Jahren klagte über Mattigkeit und Schwere im rechten Arme, vom Oberarme bis zu den drei letzten Fingern sich erstreckend, welches sich besonders beim Schreiben kund gab, wo der Arm sehr bald kraftlos niedersank und meist erst nach längeren Pausen wieder gebraucht werden konnte. M. triceps gespannt, hart anzufühlen, gegen Druck empfindlich. Diagnose: unvollständige Lähmung des N. ulnaris durch Druck des M. triceps, vielleicht in Folge einer Infiltration seines Gewebes. Ein magneto-elektrischer Strom auf den genannten Muskel und auf den Nerven zwischen dem Olecranon und dem Condyl. int. hum. applicirt, veranlasste nach der ersten Anwendung einen Nachlass der Erscheinungen, besonders der Spannung und des Schmerzes, nach der dritten Sitzung vollkommene Heilung.

Hesse theilt gleichfalls vier Fälle von traumatischer Lähmung mit (l. c. S. 30 bis 34), welche durch Anwendung von magneto-elektrischen Strömen geheilt wurden. Zwei davon, bei

*) Ich verweise in dieser Beziehung auf die äusserst instructiven elektro-physiologischen Arbeiten Duchenne's (l. c. S. 180 u. d. f.), worin er auf die Bedeutung der M. M. interossei als Beuger der ersten und Strecker der beiden Phalangen der Finger aufmerksam macht.

einem 27- und 40jährigen Manne, waren durch vorübergehenden Druck beim Schlafen auf dem Arm entstanden. Die Symptome waren dieselben, wie wir sie oben beschrieben haben, Lähmung der in dem Bereiche des gedrückten Nerven gelegenen Muskeln, verbunden mit einem Gefühl von Taubheit der betreffenden Theile. Der Erste bedurfte zu einer Heilung zwei Monate, der Andere acht Tage. Die beiden anderen Fälle betreffen einen Zimmergesellen, der sich durch eine Contusion des rechten N. ulnaris eine Lähmung der Flexoren der Finger und der M. M. inteross. zuzog und durch achtmalige Anwendung des Rotationsapparates geheilt wurde — und ein Dienstmädchen, das bei einem Sturze auf der Treppe einen Stoss auf den N. ischiadicus rechterseits erhielt, wodurch die Muskeln des Unterschenkels, besonders die Strecker der Zehen und des Fusses, gelähmt wurden, welcher Zustand wie oben in zehn Tagen gehoben wurde.

2) Rheumatische Lähmungen.

Wir verstehen darunter jene Lähmungen, die durch Erkältungen oder überhaupt durch irgend eine sogenannte „rheumatische" Gelegenheitsursache veranlasst wurden. Welche von ihnen entstehen plötzlich, oft nach wenigen Viertelstunden einer Erkältungseinwirkung, Luftzug, Feuchtigkeit etc., während andere wieder einen langsameren, mehr chronischen Verlauf haben, und als Uebergang eines Muskelrheumatismus, einer Neuralgie etc. zu betrachten sind, und erst nach Ablauf von Monaten und selbst Jahren die Lähmungserscheinungen eintreten. Froriep giebt als charakteristisches und constantes Kennzeichen aller rheumatischen Krankheitsformen das Vorhandensein von Ausschwitzungen in den erkrankten Theilen an (l. c. S. 4 u. d. f.), die er rheumatische Schwielen und, je nach ihrem Sitze, Haut-, Zellgebewebs-, Muskelschwielen etc. nennt. Wenn Froriep dem Vorhandensein solcher Exsudate auch eine zu grosse Bedeutung beilegt, welche ihnen sicherlich nicht zukommt, so lässt sich doch andererseits auch nicht verkennen, dass dieselben nicht nur sehr häufig im Gefolge von rheumatischen Affectionen auftreten, sondern manchmal sogar direct Lähmungen einzelner

Muskeln und Nerven verursachen. Solche Exsudate organisiren sich nicht selten zu fibrösen Massen und geben zu Verwachsung einzelner im Normalzustande getrennten Theile Veranlassung; Muskeln, Nerven und Gefässe werden gedrückt, eingeschnürt, wodurch Lähmung und Atrophie der Muskeln bedingt wird.

Die elektrische Contractilität und Sensibilität rheumatisch gelähmter Muskeln ist in den oben angedeuteten acut verlaufenden Fällen stets unverändert. Letztere soll nach Duchenne manchmal sogar erhöht sein. In veralteten Fällen aber, überhaupt wo minder beträchtliche Ausschwitzungen in die Substanz der Muskeln oder in die darüber befindlichen Gewebe stattgefunden haben, wo die Muskeln atrophisch geworden oder gänzlich degenerirt sind, ist die elektrische Reizbarkeit der gelähmten Muskeln, je nach dem pathologischen Zustande derselben, mehr oder weniger herabgesetzt oder gänzlich aufgehoben.

Die Prognose für die Faradisation ist bei den rheumatischen Lähmungen eine sehr günstige zu nennen, wo die elektrische Contractilität und Sensibilität der erkrankten Muskeln unversehrt geblieben oder doch nicht erheblich alterirt ist; solche Fälle werden nicht nur sicher, sondern auch in verhältnissmässig kurzer Zeit durch die Faradisation geheilt. Die Prognose wird nicht besonders getrübt durch das Vorhandensein von Ausschwitzungen, wenn dieselben nicht innerhalb eines Gelenkes stattgefunden oder eine Verwachsung einzelner Muskeln und Nerven herbeigeführt haben. Solche Ausschwitzungen in der Haut oder im Unterhautzellgewebe werden unter dem Einflusse faradischer Ströme sehr bald resorbirt, und die Heilung schreitet nach deren Resorption bei fortgesetzter Faradisation der Muskeln auch rasch vorwärts. Sind die in oder unter der Haut gelagerten Exsudate nicht bedeutend, so bedürfen sie keiner besonderen Berücksichtigung, ihr Verschwinden findet bei dem Faradisiren der Muskeln gleichsam als Nebenwirkung statt; sind sie jedoch beträchtlicher, nicht nur begleitendes Symptom, sondern mit Ursache der Muskellähmung, oder beeinträchtigen sie durch ihre Ausbreitung die Einwirkung des Stromes auf Muskeln oder Nerven, so ist ihre Beseitigung selbstverständlich primo loco indicirt. Diese gelingt am besten

durch energische Faradisation der Haut unmittelbar über der Schwiele mittelst der Metallpinsel, ein Verfahren, welches hier, wie überhaupt, wo sich's um Resorption eines flüssigen oder festen Exsudates handelt, vor der Anwendung der feuchten Stromgeber unbedingt den Vorzug verdient. Ich habe mich von der Wahrheit des oben Gesagten in mehreren Fällen überzeugt, und glaube mich zu dem Ausspruche berechtigt, dass auch in jenen Fällen, wo solche Ausschwitzungen durch das Faradisiren der Muskeln zur Resorption gelangen, die günstige Wirkung grossentheils dem auch bei feuchten Stromgebern, wie sie zum Faradisiren der Muskeln dienen, nie ganz zu vermeidenden Hautreize zugeschrieben werden muss.

Die häufig im Gefolge von rheumatischen Lähmungen vorkommenden Schmerzen schwinden meist beim Faradisiren der Muskeln noch vor der Lähmung, und es ist daher in den wenigsten Fällen ein besonderes Verfahren nothwendig. Ist der Sitz des Schmerzes aber ein krankhaft contrahirter Muskel, ohne dass dessen Antagonisten gelähmt sind, so beseitigt meist die cutane Faradisation Schmerz und Contractur miteinander, ebenso wenn der Schmerz dem Faradisiren der Muskeln nicht weichen sollte. Wohl zu unterscheiden sind jene Schmerzen, die das Resultat einer noch vorhandenen Entzündung sind — hier ist eine energische Antiphlogese am Platze, und erst nach Bewältigung der Entzündung wird eine kräftige auf die Haut localisirte Faradisation gute Dienste thun. Die ohne Lähmung oder Contractur häufig in den Muskeln vorkommenden Schmerzen (den Muskelrheumatismus) werden wir als zu den reinen Sensibilitätsneurosen gehörig dort abhandeln.

Wenn man die verschiedenen rheumatischen Lähmungen in Anbetracht ihres Sitzes vergleicht, so wird man finden, dass einzelne Stellen besonders häufig davon befallen werden, so besonders das Muskelgebiet des N. facialis und des N. radialis, welcher Vorliebe für gewisse Nerven und Muskeln wir später bei den Bleilähmungen ebenfalls wieder begegnen werden.

Die im Gebiete des N. facialis vorkommenden Lähmungen sind mit alleiniger Ausnahme der in Folge einer Gehirnhämorrhagie entstandenen wohl immer rheumati-

schen Ursprungs, und wenn auch als nächste Ursache nicht immer eine Erkältung nachweisbar ist, so spricht doch der Verlauf und das Verhalten dieser Lähmungsform gegen elektrische Ströme zu sehr für ihre rheumatische Natur, als dass eine andere Annahme gerechtfertigt erschiene. Die objectiven Erscheinungen der rheumatischen Facialiähmung, um die es sich hier handelt, sowie die ihr eigenthümliche Verzerrung der Gesichtszüge sind so bekannt, dass sie hier füglich übergangen werden können. In Betreff ihres Verhaltens gegen faradische Ströme bieten sie dieselben Erscheinungen dar, die wir als charakteristisch für die rheumatischen Lähmungen oben kennen gelernt haben. Bei frischen Fällen, d. h. bei solchen, die erst einige Monate bestehen, ist die elektrische Erregbarkeit der gelähmten Muskeln in der Regel vollkommen erhalten; diese leidet meist erst nach längerem Bestehen des Leidens, oder wenn gleichzeitig, wie Froriep mehrere Fälle anführt, eine beträchtliche Infiltration der Haut der Wange vorhanden ist. Manchmal soll nach Duchenne die elektromuskuläre Contractilität und Sensibilität ohne bekannte Ursache schon nach wenigen Tagen oder Wochen verloren gehen. Als charakteristisches Unterscheidungszeichen einer rheumatischen Facialiähmung und einer cerebralen Hemiplegie der Gesichtsmuskeln, abgesehen von der Verschiedenheit ihrer elektrischen Erregbarkeit, giebt Duchenne an (l. c. S. 726), dass bei dieser der M. orbic. palp. stets normal, während er bei jener meistens gelähmt ist.

Die Prognose bei der Facialiähmung für die Faradisation richtet sich, wie bei den meisten Lähmungen, nach dem Zustande der elektrischen Erregbarkeit der gelähmten Muskeln. Ist diese erhalten oder nicht bedeutend alterirt, so kann man mit Sicherheit eine günstige Wirkung erwarten. M. Meier veröffentlicht (l. c. S. 33 bis 37) drei Fälle von Facialiähmung, wovon der eine einen 56jährigen Mann, der zweite eine Frau von 86 Jahren und der dritte ein Mädchen von 23 Jahren betrifft; alle drei bestanden sie bis zum Beginne der faradischen Behandlung circa drei Monate, die Reizbarkeit bei allen ziemlich gleich, nicht erheblich herabgesetzt, und doch erfolgte die Heilung in sehr ungleichen Zeiträumen, nämlich bei dem Manne nach 40maliger Anwendung der Faradisation, bei der alten Frau

unvollkommen nach achtzig Sitzungen, das junge Mädchen war nach der zwölften Sitzung vollkommen geheilt. M. Meier glaubt daraus schliessen zu dürfen, dass das Alter des Patienten von wesentlichem Einflusse auf die Prognose sei, von grösserem Belange, als die absolute Dauer des Leidens, und dass das Greisen- und Kindesalter die Prognose trübe. Im ersteren Falle scheinen ihm die Muskeln in Uebereinstimmung mit ihrer Weichheit, Zerreisslichkeit, Entfärbung eine chemische Veränderung zu erleiden, in Folge deren sie nicht nur auf den elektrischen Reiz weniger stark reagiren, sondern auch zur Wiederaufnahme ihrer Function weniger geeignet sind, während Muskeln, die im frühen Kindesalter gelähmt werden, wenn die Lähmung längere Zeit fortdauert, trotz aller späteren Kurbemühungen, in ihrer Ausbildung gehemmt bleiben. Als Beleg für den letzteren Fall wird ein Mädchen von 18 Jahren erwähnt, welches im sechsten Jahre von einer Facialislähmung befallen wurde, die Jahre lang allen Medicationen Trotz bot, und, wenn auch im verminderten Maasse, heute noch fortbesteht.

Die günstige Wirkung bei der Facialislähmung zeigt sich nach Duchenne (l. c. S. 787) zuerst in der allmäligen Wiederkehr des Tonus der gelähmten Muskeln; die Commissur hebt sich, und die Nasenlippenfurche wird mehr sichtbar, das eingesunkene Nasenloch erweitert sich, die Augenliedspalte wird normal, und zwar bevor der Kranke die geringste willkürliche Bewegung zu machen im Stande ist. Dieser Wiederherstellung des Muskeltonus folgt die Wiederkehr der willkürlichen Bewegung meist sehr bald nach; doch vergehen manchmal Wochen und Monate, nachdem der Gesichtsausdruck in der Ruhe schon normal war. Gewöhnlich fängt der M. zygomat. maj. zuerst an, sich zu contrahiren, was man am besten sieht, wenn man den Kranken lachen lässt. Diesem folgen der M. levator labii sup. alaeque nasi, der M. zygomat. min., der buccinator, der orbicularis oris et palpebrarum, der triangularis, quadratus menti etc.

Von mehreren interessanten Fällen von Facialislähmungen, die Duchenne (l. c.) mittelst der Faradisation heilte, will ich folgenden hier wiedergeben:

Flavie, 28 Jahre, Dienstmädchen, leidet seit 16 Monaten an einer linkseitigen Facialislähmung, welche sie sich durch Aussetzen von Zugluft

plötzlich zugezogen hatte. Nachdem innerhalb dieser Zeit verschiedene Mittel, Blutegel, Vesicatoren, Strychnin etc. erfolglos angewendet worden waren, erhielt Duchenne die Kranke zur faradischen Behandlung in folgendem Zustande: Die linke Wange nach unten etwas geschwollen, keine Furche auf ihrer Oberfläche sichtbar, wodurch diese Seite von der gesunden, wo diese Linien sehr scharf hervortraten, auffallend contrastirte; der Nasenflügel fast bis zum vollen Verschlusse des Nasenloches eingesunken; die Lippencommissur linkerseits 1 Centimeter tiefer stehend, die linke Lippenhälfte flach und gegen die Zähne angedrückt; das untere Augenlied derselben Seite befindet sich 2 bis 3 Centimeter unter seinem normalen Stande, wodurch der Bulbus scheinbar enorm hervortritt, Unfähigkeit, die Augenlieder zu schliessen, die Augenbraue um 4 Millimeter gesunken. Die ganze linke Gesichtsseite vollkommen unbeweglich, bei jeder Bewegung der rechten Seite verzieht sich das Gesicht von links nach rechts, so beim Lachen steigt die Commissur bis zur Ohrgegend, der Mund erweitert sich unmässig; beim Kauen fallen die Speisen zwischen Wange und Zähne, Speichel und Thränen fliessen unwillkürlich ab. Beim Versuche, zu pfeifen oder zu blasen, bläst sich die linke Wange auf, die linke Lippenhälfte wird durch das Ausströmen der Luft hervorgedrängt, während die rechte Wange an die Zähne angedrückt wird; obwohl die Bewegungen der Zunge normal sind, ist doch das Sprechen erschwert, weder das Zäpfchen noch das Gaumensegel sind verzogen, die Kranke hat keine Schmerzen. Die elektrische Contractilität ist in allen gelähmten Muskeln aufgehoben, und es bleiben dieselben selbst gegen die stärksten Ströme unempfindlich. Duchenne faradisirte sämmtliche Muskeln einzeln jeden zweiten Tag und schon nach der zwölften Sitzung zeigte sich die Rückkehr der tonischen Kraft im M. zygomat. maj. durch ein leichtes Heben der Commissur, die Nasenlippenfurche beginnt hervorzutreten, und die Augenlieder legen sich mehr und mehr an den Bulbus an. Nach weiteren vierzehn Tagen hebt sich die linke Commissur beim Lachen, sowohl die willkürliche Bewegung wie der Muskeltonus bessern sich von Tag zu Tag mehr und nach sechs Wochen war die Heilung vollendet.

Duchenne knüpft an diesen Fall die Bemerkung, dass hier die Faradisation ungewöhnlich rasch wirkte, indem bei vollkommen aufgehobener elektrischer Erregbarkeit der Muskeln gewöhnlich eine Zeit von drei bis sechs Monaten zur Heilung erforderlich ist. Er erwähnt ausserdem noch zwei Fälle von Faciallähmung, die bald nach ihrem Eintritte zur Behandlung kamen, sie betrafen jugendliche Personen; die elektromuskuläre Contractilität und Sensibilität war unversehrt oder doch nur wenig herabgesetzt, und genügten auch wenige Sitzungen zu ihrer vollkommenen Heilung. Ein weiterer ebenfalls frischer Fall betrifft ein junges Mädchen, deren Muskeln ohne nachweisbaren Grund nach wenigen Tagen schon ihrer elektrischen Erregbarkeit vollkommen beraubt waren. Duchenne stellte

die Prognose ungünstig, was sich auch bestätigte, indem die Lähmung nicht nur nicht verschwand, sondern auf der gesunden Gesichtshälfte sich sogar bei einzelnen Muskeln eine Contractur ausbildete.

Hesse theilt ebenfalls drei hieher gehörige Fälle mit (l. c. S. 58 bis 62), die durch Anwendung magneto-elektrischer Ströme geheilt wurden, und zwar der eine in 12 Tagen, der andere in $2^1/_2$ Monaten und der dritte in 3 Monaten. Die Anwendung geschah in der Weise, dass der eine Stromgeber auf dem Wangenfortsatze fixirt wurde, während er mit dem anderen die einzelnen gelähmten Muskeln der Reihe nach bestrich. Von dem Zustande der elektrischen Erregbarkeit derselben ist nichts erwähnt, da die Heilung jedoch in verhältnissmässig kurzer Zeit erfolgte, so haben wir Grund anzunehmen, dass jene nicht erheblich beeinträchtigt war, und dass eine methodische Anwendung wahrscheinlich in noch kürzerer Zeit dasselbe erreicht haben würde.

Als zweite Stelle, welche zu rheumatischen Lähmungen besonders disponirt zu sein scheint, begegnen wir dem Muskelgebiet des N. radialis am Vorderarme, jener Art von Lähmungen, welche nach Erkältungen, Schlafen an feucht-kalten Orten etc. meist plötzlich entsteht, häufig auch, ohne dass irgend eine directe Veranlassung nachgewiesen werden kann. Sie hat grosse Aehnlichkeit mit jener Form traumatischer Lähmungen, welche wir durch einen leichten Druck, wie z. B. beim Schlafen, den Kopf auf den Vorderarm gelegt, veranlasst, hie und da entstehen sehen, und bereits S. 191 kennen gelernt haben. Sie unterscheiden sich jedoch von dieser Lähmung nur durch den Mangel irgend eines nachweisbaren traumatischen Einflusses, und von den Bleilähmungen, welche ebenfalls häufig die Strecker der Hand und Finger befallen, durch ihr plötzliches Entstehen, sowie wenigstens bei solchen Fällen durch die Unversehrtheit der elektromuskulären Contractilität, die bei diesen immer erheblich herabgesetzt, wenn nicht gänzlich aufgehoben ist. Duchenne erwähnt mehrere hier einschlägige Fälle (l. c. S. 733), wovon ich einen im Auszuge hier mittheile.

M. Loré, Pförtnerin, 50 Jahre alt, war bei kaltem feuchten Wetter, nachdem sie den Tag über gewaschen hatte, auf ihrem Sitze eingeschlafen. Nachdem sie erwachte, fühlte sie Hand und Vorderarm der linken Seite

kalt und taub; Hand und Finger hingen schlaff herab, der Daumen war unbeweglich. Ein Vesicator, auf die hintere Seite des Vorderarmes applicirt, blieb erfolglos. Als Duchenne die Kranke zur Behandlung bekam, überzeugte er sich, dass die Lähmung ausschliesslich das Muskelgebiet des N. radialis befallen hatte, dessen elektrische Contractilität normal, und dessen Sensibilität sogar etwas erhöht war*). Er faradisirte täglich mit mässigen Strömen die gelähmten Muskeln und nach zehn Sitzungen schon hatten dieselben ihre normale Beweglichkeit wieder erhalten.

Zwei andere diesem ähnliche Fälle, nur von etwas längerer Dauer (sie hatten $2^1/_2$ und 3 Monate vor Beginn der Kur bestanden, und einer ausgedehnten Medication getrotzt), waren nach 3 Wochen auf dieselbe Weise vollkommen geheilt.

R. Froriep führt (l. c. S. 200) ebenfalls mehrere Fälle von Lähmungen des Vorderarmes an, mit und ohne Vorhandensein von sogenannten Schwielen, gegen die er die Elektricität mit dem besten Erfolge anwendete. Der eine Fall betrifft eine 36 Jahre alte Frau, welche, von Arbeit erhitzt, einige Stunden in Zugluft geschlafen und sich dadurch eine vollkommene Lähmung der Hand- und Fingerstrecker zugezogen hatte. Reizende, aromatische Einreibungen, warme Bäder, Strychnin, endermetisch angewendet, Vesicantien, Alles dies blieb erfolglos. Als Froriep fünf Monate nach dem Unfalle die Kranke zur elektrischen Behandlung erhielt, fand er über dem M. supinator l. eine scharf begrenzte, beim Drucke schmerzhafte Zellgewebsschwiele, Hand und Dorsalfläche des Vorderarmes sehr abgemagert. Die gelähmten atrophischen Muskeln blieben, elektrisch gereizt, völlig unbeweglich. Nach sechs Wochen täglicher Anwendung des elektrischen Stromes war die Schwiele verschwunden, die Ernährung der Muskeln eine bessere geworden, und die Function der zuvor gelähmten Muskeln vollkommen wieder hergestellt. Ein zweiter Fall rheumatischer Lähmung der Muskeln des N. radialis bei einem 26jährigen gesunden und kräftigen Mädchen, der nach sechs Wochen, nachdem das acute Stadium auf antiphlogistischem Wege beseitigt, zur elektrischen Behandlung kam, und zugleich auch mit heftigen Schmerzen complicirt war, war

*) Duchenne giebt als charakteristisches Zeichen für rheumatische Lähmungen normale, häufig sogar erhöhete elektrische Sensibilität der gelähmten Muskeln an, welche Annahme, wie wir gesehen haben, in ihrer Allgemeinheit nicht richtig ist, da nicht selten, und bei veralteten Fällen sogar fast immer, gleichzeitig mit der elektrischen Contractilität auch die Sensibilität leidet.

nach 16 Tagen vollkommen geheilt. Zwei ganz gleiche Fälle theilt Erdmann mit (l. c. S. 197), die ebenfalls durch Faradisiren sehr rasch und vollkommen geheilt wurden, der eine, ein Fall von kurzer Dauer, jedoch schon mit beginnender Atrophie der gelähmten Muskeln in 14 Tagen; der andere nach einem Bestehen von zwei Monaten nach neunmaliger Anwendung der Faradisation.

Die Prognose ist bei dieser Lähmungsform für die Faradisation eine sehr günstige; so lange die Muskeln noch nicht degenerirt und somit aller elektrischen Erregbarkeit beraubt sind, ist immer noch Heilung zu erwarten. Die Zeit der Heilung scheint mehr von dem Zustande der elektrischen Erregbarkeit der gelähmten Muskeln abzuhängen, als von der Dauer der Lähmung, da die Abnahme jener mit der Dauer der Lähmung nicht immer gleichen Schritt geht. In ganz frischen Fällen, wo die elektromuskuläre Contractilität nicht beeinträchtigt ist, genügen meist wenige Sitzungen zur Beseitigung des Uebels, und kann diese mit Bestimmtheit vorhergesagt werden, selbst wenn auch schon Vesicantien, Strychnin etc. sich als erfolglos gezeigt haben. Die Art der Faradisation ist am besten eine directe, indem man jeden einzelnen gelähmten Muskel für sich zur Contraction zu bringen sucht. Bei allenfalls vorhandenen Ausschwitzungen (Froriep's Schwielen) in oder unter der Haut faradisire man gleichzeitig auch die Haut unmittelbar über der Schwiele, um diese zur Resorption zu bringen. Bei unbeträchtlichen, dünnen Ausschwitzungen ist eine besondere Behandlung derselben nicht nöthig; diese verschwinden durch das Faradisiren der Muskeln gleichsam als Folge einer Nebenwirkung des Stromes; sind sie aber von grösserer Ausdehnung, üben sie einen Druck auf die darunter befindlichen Muskeln oder Nerven aus, so verdienen sie in erster Reihe Berücksichtigung und ist die Behandlung mit der Faradisation der Haut einzuleiten. Diese führt in den meisten Fällen ziemlich rasch zum Ziele, und dann auch wird die Faradisation der Muskeln von Erfolg und deren Function wieder herzustellen im Stande sein.

Ein sehr häufig vorkommender Sitz für rheumatische Lähmungen sind ferner noch die am Schultergelenke befindlichen Muskeln, insbesondere der M. cucullaris und deltoideus. Während wir die beiden vorhergenannten Läh-

mungen meist plötzlich, nach einer rheumatischen Einwirkungsdauer von nur wenigen Stunden entstehen sahen, so ist die Entstehung und der Verlauf dieser Lähmung hingegen ein viel langsamerer. In den meisten Fällen beginnt das Leiden mit den Erscheinungen eines heftigen Muskelrheumatismus, welche allerdings den Kranken des Schmerzes wegen in der Vollführung mancher Bewegungen, besonders am Heben des Armes hindert, ohne dass diese Functionsstörung einer Lähmung zugeschrieben werden könnte. Erst nach Beseitigung des eigentlichen acuten Stadiums der Krankheit, nach Beseitigung der Entzündung und der heftigen Schmerzen, kommen die Erscheinungen von Lähmung der zuvor vom Rheumatismus befallenen Muskeln zum Vorschein. Oder die Lähmung ist Folge eines durch beträchtliche Exsudationen im Zellgewebe ausgeübten Druckes auf den N. axillaris oder auf den Muskel selbst. Ist der M. deltoideus Sitz der Lähmung, so ist der Kranke unfähig den Arm zu heben, und der Muskel atrophirt meist sehr rasch; ein Bestand von zwei bis drei Monaten ist hinreichend, denselben auf die Hälfte seines früheren Volumens zu reduciren, und ohne therapeutischen Eingriff geht der Muskel unfehlbar der Degeneration entgegen. In sehr vielen Fällen ist die Haut oder das Unterhautzellgewebe schwielig entartet, welche Entartung, wie gesagt, theils nur als begleitendes Symptom, theils aber auch als ursächliches Moment der Lähmung zu betrachten ist, je nach der Art, dem Sitze und dem Umfange des Exsudates, und in dieser Beziehung verdient es auch Berücksichtigung bei der Behandlung. M. Meier erwähnt einen in dieser Beziehung sehr instructiven Fall (l. c. S. 131), da er ein charakteristisches Bild dieser Lähmungsform liefert.

Ein sonst gesunder Mann von 52 Jahren hatte sich im erhitzten Zustande der Zugluft ausgesetzt und dadurch heftige rheumatische Schmerzen in der rechten Schulter zugezogen, welche jede Bewegung derselben sowie des Armes unmöglich machten. Nach Beseitigung des acuten Stadiums zeigte sich, dass die willkürliche Bewegung der Schulter vollkommen aufgehoben war und die Muskeln sichtlich abzumagern begannen. Sechs Wochen nach dem Unfalle, bei Beginn der elektrischen Behandlung, hing der Oberarm unbeweglich am Thorax herab, jede active Bewegung war unmöglich, die passive nur sehr beschränkt und äusserst schmerzhaft. Die rechte Schulter hatte ihre Wölbung verloren, der M. deltoideus war welk und so erschlafft, dass sich zwischen dem Acromion und dem Caput humeri ein circa ½ Zoll grosser Zwischenraum befand. Ein Gefühl von Taubheit,

mit Kriebeln und Stechen im Unterarm und der Hand, namentlich im vierten und fünften Finger. Die elektro-muskuläre Contractilität war vollkommen normal, die elektro-muskuläre Sensibilität besonders in den vorderen Muskelbündeln bedeutend erhöht. Schon nach der neunten Application, die in der Art vorgenommen wurde, dass dem Kranken der eine Conductor in die Hand gegeben, der andere im Nacken angelegt wurde — der M. deltoideus wurde für sich gereizt —, konnte der Kranke den Arm schmerzlos in die horizontale Lage bringen und der M. deltoideus hatte an Fülle zugenommen. Patient, die weitere Heilung von der Natur hoffend, unterbrach hierauf die Kur, stellte sich aber, als der Zustand nicht nur nicht besser, sondern eher etwas schlimmer geworden war, nach zwei Monaten neuerdings wieder zur Behandlung, und konnte demnach nach vierzehnmaliger Anwendung der Elektricität vollkommen geheilt entlassen werden.

Dieser Fall ist in doppelter Hinsicht lehrreich, indem er einmal ein genaues Bild von der Entstehungsweise und dem Verlaufe der Krankheit giebt und zeigt, wie rasch bei rheumatischer Lähmung der Art die Ernährung der erkrankten Muskeln leidet, und fürs Zweite dient er einerseits als Beweis, wie die Natur meist nicht im Stande ist, solche Lähmungen zu beseitigen, andererseits spricht er für die evidente Wirksamkeit der Faradisation in solchen Fällen von Lähmungen.

R. Froriep führt (l. c. S. 169) einen ganz ähnlichen Fall an, der verhältnissmässig sehr rasch durch Anwendung der Magnetelektricität geheilt wurde. Nach vorausgegangener rheumatischer Entzündung in den Muskeln der linken Schulter stellte sich eine Lähmung der MM. deltoideus und pectoralis ein, welche Muskeln schon nach acht Wochen bedeutend atrophirten, trocken und unbeweglich geworden waren, so dass sie den Eindruck machten, als wären sie auf den Knochenflächen festgeleimt. Die Haut darüber war weiss, schwielig entartet, schon beim leisesten Drucke schmerzhaft. Der Arm hing schlaff am Körper herab, konnte nicht gehoben werden, besonders Nachts heftige Schmerzen in den Schultern und im ganzen linken Arme. Nach acht Wochen täglicher Anwendung der Elektricität waren die früher gelähmten und abgemagerten Muskeln vollkommen wieder hergestellt, bis auf den vorderen Rand des M. deltoideus, der bei der Bewegung nach vorn und oben noch ein kleines Hemmniss bildete. Da alle übrigen Bewegungen vollkommen kräftig ausgeführt werden konnten, die Schmerzen schon seit Beginn der Kur verschwunden wa-

ren, verzichtete Patient, zufrieden mit dem Erreichten, auf die weitere Behandlung.

Ich beobachtete zwei Fälle von rheumatischer Lähmung der MM. interossei, wovon ich einen hier folgen lasse. Der andere, der mit einer heftigen Neuralgie des N. ulnaris vergesellschaftet war, wird bei den Sensibilitäts-Neurosen Platz finden.

Fräulein Sch., 28 Jahr alt, von hier, litt in Folge einer Erkältung seit mehreren Wochen an rheumatischen Schmerzen des Oberarmes und der Schulter, welche besonders den linken Arm ergriffen hatten, doch auch zeitweilig, obwohl weniger heftig, auf dem rechten Arme sich einstellten, und Patientin manche schlaflose Nacht bereiteten. Diese Schmerzen schwanden nach zehn Tagen unter dem Gebrauche einer reizenden Einreibung vollkommen, doch bemerkte sie seit einigen Tagen beim Erwachen nach einer ruhig zugebrachten Nacht ein Gefühl von Taubheit und Schwäche in der linken Hand, welches sie für einige Stunden in dem Gebrauche der Hand etwas hinderte. Nach einem etwa dreiwöchigen Bestande dieses Zustandes, der innerhalb dieser Zeit etwas zugenommen und meine Consultation veranlasst hatte, bemerkte ich eine Difformität des vierten und fünften Fingers. Die ersten Phalangen der genannten Finger waren auffallend nach dem Rücken der Hand hin gebeugt, wodurch die Gelenke der ersten und zweiten Phalangen unter einem stumpfen Winkel hervortreten. Die Finger konnten zwar durch einen Druck auf die Gelenke gestreckt werden, nahmen aber sogleich nach Aufhören des Druckes ihre frühere Stellung wieder ein. Das Schliessen der Hand zur Faust war nicht behindert, die beiden Finger aber blieben etwas zurück und konnten nicht so vollkommen eingezogen werden wie die anderen. Die elektro-muskuläre Contractilität und Sensibilität allenthalben normal, ebenso die Empfindung in der Haut. Diagnose: rheumatische Lähmung der MM. interossei des Ring- und kleinen Fingers, nämlich des M. adductor des fünften und des M. ad- und abductor des vierten Fingers. Die Behandlung bestand lediglich in einer mässigen Faradisation der gelähmten Muskeln, und schon nach der fünften Sitzung hatten dieselben ihre normale Function und die Finger ihre normale Stellung wieder erlangt.

Ausser den angegebenen Stellen können noch an vielen anderen rheumatische Lähmungen vorkommen, die entweder gleich als solche auftreten, oder erst nachdem der betreffende Muskel das acute Stadium unter der Form einer Entzündung durchgemacht hat, oder auch in Folge einer länger anhaltenden Neuralgie rheumatischen Ursprungs. Alle diese können mit Erfolg mittelst Faradisiren behandelt werden, und richtet sich die Zeitdauer der Heilung meist nach den für die Prognose rheumatischer Lähmungen im Allgemeinen angegebenen Verhältnissen. Als unterstützendes Mittel bei der faradischen Be-

handlung rheumatischer Lähmungen kann mit Erfolg die feuchte Wärme in Anwendung gezogen werden, in der Art, dass man den erkrankten Körpertheil während der Nachtzeit oder, nach Umständen, selbst einige Stunden des Tages in nasse Tücher hüllen lässt, die man zur rascheren und constanten Erwärmung sorgfältig mit trockenen Tüchern oder mit Wachstuch bedeckt. Des Morgens lasse man die betreffenden Theile mit frischem Wasser waschen, gut abreiben und warm bekleiden. Ich wende dieses Verfahren während der Dauer der faradischen Behandlung in allen jenen Fällen von Lähmungen an, wo die gelähmten Muskeln in ihrer Ernährung gelitten haben, oder wo mehr minder beträchtliche Exsudate zur Resorption zu bringen sind, und habe mich mehrfach überzeugt, dass es in dieser Beziehung besonders bei veralteten Fällen sehr erspriessliche Dienste leistet. Diese nassen Umschläge machen bei rein örtlich beschränkten Lähmungen den Gebrauch von Dampfbädern, gegen welche manche Patienten eine Abneigung haben, vollkommen entbehrlich, sie sind äusserst einfach, auch in der Armenpraxis anwendbar und belästigen den Patienten nicht im geringsten.

3) Lähmungen in Folge von Blei-Intoxication.

Bekanntlich entstehen in Folge von chronischen Bleivergiftungen, wie sie nicht selten bei Arbeitern in Bleiweissfabriken, bei Malern und Anstreichern vorkommen, nach vorausgegangenen Bleicholiken Lähmungen, die entweder sich nur auf einzelne Muskelgruppen oder eine Extremität beschränken, oder auch alle Extremitäten und selbst die Muskeln des Rumpfes befallen. Ungleich häufiger werden die oberen Extremitäten von der Bleilähmung befallen, und hier wieder, wie es scheint, in der Mehrzahl der Fälle beide Extremitäten zugleich; am seltensten wird die Bleiparalyse eine allgemeine. Tanquerel beobachtete unter 113 Fällen von Bleilähmung dieselbe 93 Mal auf die oberen Extremitäten beschränkt, 14 Mal an den unteren Extremitäten und nur sechs allgemeine Lähmungen. Fast immer auch in solchen Fällen, wo das Leiden um sich greift, auf die unteren Extremitäten und den Stamm sich verbreitet, beginnt dasselbe an den oberen Extremitäten, und auch hier wieder werden die Muskeln in einer bestimmten Reihen-

folge befallen, wie M. Meier und besonders Duchenne in einer grösseren Anzahl von Fällen nachgewiesen, indem sie fanden, dass die ergriffenen Muskeln in ihrer elektrischen Erregbarkeit beträchtlich gelitten haben. Zuerst und am meisten leidet immer der M. extensor. digit. com., nach diesem der M. extensor digit. min. pollicis longus und digit. indicis, sodann die Extensoren des Carpus, der M. extens. brevis und abductor longus pollicis, später der M. triceps und deltoideus.

Bei Beginn des Leidens ist die elektro-muskuläre Contractilität und Sensibilität meist noch nicht erheblich herabgesetzt, letztere häufig sogar noch ganz normal; diese leiden erst beträchtlicher nach längerem Bestehen des Leidens, wenn die Muskeln anfangen zu atrophiren. Nicht selten findet man ferner, dass beim Beginne der Lähmung nicht der Muskel in toto ergriffen, sondern nur einzelne Bündeln desselben gelähmt sind, wodurch partielle Muskelkrämpfe, wie Schreibekrampf u. s. w., erzeugt werden, oder es wird jener Zustand hervorgerufen, den man als Arthralgia saturnina bezeichnet und häufig der Vorläufer einer vollkommenen Paralyse ist.

Die leichteren Fälle von Bleilähmungen, d. h. wenn die Lähmung noch nicht zu lange besteht, wenn die elektrische Erregbarkeit der gelähmten Muskeln noch nicht beträchtlich alterirt, wenn dieselben in ihrer Ernährung noch nicht gelitten, werden häufig auf diätetischem Wege oder durch irgend eine der üblichen Medicationen, Schwefelbäder, Opium u. s. w., beseitigt. Nach längerem Bestehen der Lähmung kommt diese jedoch häufig in ein Stadium, wo alle die verschiedenen Arzneimittel, wie sie gegen Bleilähmungen empfohlen wurden, sich als erfolglos zeigen, und die Muskeln der Atrophie anheimfallen. Hier ist einzig und allein nur die Elektricität im Stande, die bereits atrophirten Muskeln vor dem gänzlichen Untergange zu bewahren und bei zweckmässiger Anwendung zur normalen Ernährung und Function zurückzuführen. Gardane hat gegen Bleilähmungen zuerst die Elektricität mit Erfolg angewandt, nach ihm wurde diese von mehreren anderen Aerzten als vorzügliches Heilmittel gegen das genannte Leiden empfohlen. In der neueren Zeit, seitdem Duchenne eine rationelle Anwendungsweise des elektrischen Stromes in die Medicin einführte,

ist auch die Therapie der Bleilähmungen, gleich der übrigen Lähmungen, in ein neues Stadium getreten, und hier ist es besonders Duchenne und nach ihm M. Meier, welche durch die Anwendung des elektrischen Stromes auch bei dieser Lähmungsform die schönsten Erfolge erzielten, wovon wir einige der mitgetheilten Fälle im Auszuge unten wiedergeben werden.

Die Faradisation der gelähmten Muskeln hat auf directem Wege zu geschehen, indem man jeden einzelnen Muskel für sich in Angriff nimmt; die anzuwendende Stromstärke, sowie die Schnelligkeit der Ströme, richtet sich nach dem Grade der Erregbarkeit des Muskels und nach dem Zustande seiner Ernährung. Liegen beide sehr darnieder, so kann man immerhin einen kräftigen rapiden Strom anwenden, den man mit der Wiederkehr der Erregbarkeit und der besseren Ernährung während der Behandlung allmälig wieder abschwächt und verlangsamt. Zur Unterstützung der Kur kann man sich immer noch gleichzeitig eines oder des anderen der gegen Bleilähmungen als wirksam erkannten Mittel bedienen, wie z. B. der Schwefelbäder, des Jodkaliums, der Ammoniakalien u. s. w., auch wenn dieselben früher schon erfolglos angewendet wurden; bei gleichzeitiger Anwendung mit einem so heftigen Reizmittel, wie der elektrische Strom es ist, können dieselben immer noch nebenbei eine günstige Wirkung ausüben, indem ihre Anwendung darauf berechnet ist, das im Körper allenfalls noch vorhandene Blei zu lösen oder zu fällen und aus dem Körper zu entfernen. Eine etwa vorhandene Anästhesie der Haut, wie sie Bleilähmungen manchmal begleitet, wird durch eine kräftige cutane Faradisation leicht beseitigt. Unter einer grösseren Anzahl von Fällen, welche Duchenne bekannt machte, erwähne ich nur einen, der einer besonderen Eigenthümlichkeit wegen von hohem Interesse ist.

Pastoli, seit acht Jahren Maler, war bis zu seinem 21. Jahre stets gesund und von kräftigem Körperbaue. Im dritten Jahre seiner Beschäftigung bekam er einen sehr heftigen Anfall von Bleicholik, der sich später in leichterem Grade alle drei bis vier Monate wiederholte und durch Laxantien immer in wenigen Tagen gehoben wurde. Im August 1847 bemerkte er nach einem solchen Anfalle ein Gefühl von Schwäche in der rechten Hand, mit beginnender Abmagerung des Armes; im December d. J., als Duchenne den Kranken zur Behandlung bekam, fand er folgenden Zustand: Der rechte

Arm weniger voluminös als der linke, die Streckmuskeln der Hand und der Finger beträchtlich atrophirt, die Sehnen dieser Muskeln auf dem etwas ödematösen Handrücken nicht sichtbar; die Hand hängt unter einem rechten Winkel schlaff herab, die Finger stets gebeugt. Ausser den gelähmten Streckmuskeln der Hand und der Finger war auch die Kraft der Antagonisten bedeutend geschwächt und so der Gebrauch der rechten Hand vollkommen aufgehoben. Strecken und Beugen des Armes normal, das Entfernen desselben vom Rumpfe aber erschwert. Die elektrische Contractilität war in den gelähmten Muskeln vollkommen verschwunden, die elektrische Sensibilität etwas beeinträchtigt, die beiden Supinatoren, der M. aconaeus quartus, der M. extensor und abductor long. pollicis, die vorderen Muskeln des Vorderarmes und die des Oberarmes normal; der M. deltoideus nur in seinen vorderen Bündeln der elektro-muskulären Contractilität beraubt. Nach der fünften, jedesmal 10 Minuten währenden Sitzung hatten die vorderen Muskeln des Vorderarmes, welche in ihrer elektrischen Erregbarkeit nicht gelitten hatten, ihre willkürliche Bewegung vollkommen wieder erlangt, und der Kranke ist im Stande die Hand zu schliessen, die tonische Kraft in den MM. extens. carpis rad. long. et brev. beginnt wiederzukehren, indem sich bei ruhiger Lage der Muskeln zeigt, dass die Hand etwas weniger gebeugt ist. Nach der achten Sitzung kann der Arm vom Körper leichter entfernt werden und die Strecker der Hand und der Finger fangen an dem Willen zu gehorchen, ohne jedoch auf den elektrischen Strom zu reagiren, gleichzeitig fängt die Ernährung der Muskeln an eine bessere zu werden. Nach der 22. Sitzung hatten die gelähmten Muskeln ihre normale willkürliche Bewegung wiedererlangt, ohne dass die elektrische Contractilität in denselben wiedergekehrt war, was Duchenne im Beisein mehrerer Aerzte constatirte.

Diese letztgenannte Erscheinung, welche Duchenne ausser bei mehreren Bleilähmungen auch noch bei einigen Fällen von traumatischen Lähmungen beobachtete, ist insofern interessant, als sie zeigt, dass die willkürliche Bewegung der Muskeln mit ihrer elektrischen Erregbarkeit in keinem directen Zusammenhange steht, wenn wir auch häufig mit der Rückkehr Dieser auch die Wiederkehr Jener eintreten sehen. Denselben Beweis, nur im umgekehrten Sinne, liefern diejenigen Lähmungen, bei welchen die gelähmten Muskeln ihre elektrische Erregbarkeit im Normalzustande erhalten haben, wodurch der aus dieser Erscheinung gezogene Schluss vollkommen gerechtfertigt erscheint. M. Meier machte dieselbe Erfahrung bei einer Bleilähmung (l. c. S. 85), wo nach zwei Jahren, nachdem die früher gelähmten Muskeln ihre willkürliche Bewegung schon lange wieder erlangt hatten, die elektrische Contractilität der Fingerstrecker noch immer geschwächt war. Derselbe theilt unter Anderem auch noch einen interessanten Fall einer Bleilähmung

mit symptomatischem Schreibekrampf mit, den er durch Anwendung der Magnetelektricität in überraschend kurzer Zeit heilte und den wir hier folgen lassen.

W. Schultze, 35 Jahr alt, seit 16 Jahren Maler und Anstreicher, früher stets kräftig und gesund, bekam im Jahre 1842 zum erstenmal einen heftigen Anfall von Bleicholik, dem in den darauf folgenden acht Jahren noch sieben andere folgten. Nach Beseitigung des letzten, weniger heftigen Anfalles im August 1850 bemerkte er allmälig eine Kraftabnahme im rechten Arme, welche bei fortgesetzter Arbeit rasch zunahm, mit Schmerzen verbunden war, und bald in eine vollkommene Lähmung des Vorderarmes und der Hand dieser Seite überging. Verschiedene dagegen in Anwendung gezogene Behandlungsweisen, russische Bäder, Schwefelbäder, reizende Einreibung u. s. w. blieben gänzlich erfolglos. Als Meier den Patienten zur Behandlung bekam, fand er folgenden Zustand: Die rechte Schulter frei, bei Streckung des Armes entsteht ein anhaltendes Zittern in demselben, so lange der Arm gehoben ist; beim Ergreifen irgend eines Gegenstandes schliesst sich die Hand krampfhaft. Bei im Ellbogen gekrümmter Lage des Armes kann er die Hand, mit Ausnahme des Daumens und des Mittelfingers, die nach innen gebogen, jeder activen Bewegung unfähig sind, mühsam öffnen. Diagnose: Lähmung der Extensoren, besonders des M. ext. digit. com. und der Strecker des Daumens, wodurch der gleichzeitig vorhandene Schreibekrampf bedingt war. Die Schmerzen waren vorübergehend und nur dann von längerer Dauer, wenn der Patient sich auf den leidenden Arm gestützt hatte. — Bereits nach der dritten Anwendung der Magnetelektricität, von circa 20 Minuten, konnte er die Feder ergreifen und, wenn auch mit zitternder Hand, einige Worte schreiben; nach der fünften Sitzung war seine Handschrift bedeutend besser, nach der achten eine vollkommen sichere. Nach der dreizehnten Sitzung war Patient im Stande, die Wände eines Saales anzustreichen und dabei acht Stunden thätig zu sein; die noch vorhandenen Schmerzen im Ober- und Unterarm wichen nach noch wenigen Sitzungen. — Nach anderthalb Jahren erkrankte Schultze neuerdings an einer Bleilähmung, welche zu ihrer Beseitigung, wie das bei Recidiven der Art stets der Fall, eine länger fortgesetzte Anwendung der Elektricität bedurfte.

M. Meier theilte der Versammlung der Naturforscher und Aerzte im J. 1856 in Wien einen sehr interessanten Fall einer Bleilähmung mit, bei welcher er nur mittelst der Faradisation eine Diagnose zu stellen im Stande war, da alle objectiven Anhaltspunkte zum Nachweise einer Bleiintoxication fehlten. Bei der chemischen Untersuchung des Schnupftabaks, dessen sich Patient längere Zeit bediente, stellte sich heraus, dass derselbe bleihaltig war, welcher daher auch die genannten Erscheinungen veranlasste. Ausser diesem Falle, den ich im September 1854 bei M. Meier zu sehen Gelegenheit hatte, soll derselbe neuerdings wieder einen ganz ähnlichen, auf die-

selbe Weise entstandenen beobachtet haben. Wenn ich nicht irre, hat Duchenne nach der Publication seines Buches einen gleichen Fall behandelt, welcher in Frankreich das Verbot des Verpackens von Schnupftaback in Blei zur Folge gehabt haben soll.

Wenn wir die der Bleiparalyse eigenthümlichen Erscheinungen in ihren Hauptmerkmalen kurz zusammenfassen, so sind es besonders zwei, die uns sichere Anhaltspunkte zur Unterscheidung von anderen ähnlichen Lähmungen an die Hand geben: einmal das typische Auftreten und der typische Verlauf der Lähmung, welche mit Vorliebe die oberen Extremitäten in der angegebenen Art und Weise befällt. Sind auch die unteren Extremitäten von der Lähmung ergriffen, so sind es auch hier, wie an den oberen Extremitäten, meistens die Streckmuskeln, welche gelähmt sind, so dass an den oberen Extremitäten die Lähmung sich auf die hintere Seite beschränkt, an den unteren Extremitäten aber auf die vordere. Als zweites charakteristisches Merkmal dient uns der Zustand der elektrischen Erregungsfähigkeit der gelähmten Muskeln, deren elektrische Contractilität meist erheblich herabgesetzt oder gänzlich aufgehoben ist, während die elektrische Sensibilität in weit geringerem Grade darniederliegt. Diese leidet erst beträchtlicher, wenn die Muskeln schon stark atrophisch geworden, und die Atrophie befällt meistens nur solche Muskeln, deren elektrische Contractilität erheblich gelitten hat.

Soeben erhalte ich durch die Güte des Herrn Dr. Köppel dahier einen hieher gehörigen Fall zur Beobachtung, den ich seines allgemeinen Interesses wegen, obwohl nach Vollendung des Manuscriptes, hier noch einzuschalten mich veranlasst sehe: Eine exquisitiv allgemeine Bleilähmung, verursacht durch Schnupfen einer in Blei verpackten Sorte Taback, während zehn Jahren, dessen chemische Untersuchung einen beträchtlichen Bleigehalt nachwies. Das Anstellen einer quantitativen chemischen Analyse war zur Zeit noch nicht möglich.

Sigmund Ammon, 54 Jahr alt, Schneidergeselle, von gesunden Eltern geboren, äusserst mässig in den materiellen Genüssen des Lebens, war selbst stets gesund, bis er im Jahre 1851 an einem Anfall von Cholik erkrankte. Ohne vorausgegangene Diarrhoe stellte sich plötzlich eine zehn

Tage währende Verstopfung ein, verbunden mit heftigen Leibschmerzen. Solche Anfälle von Bleicholik hatte Patient in den letzten sechs Jahren acht bis neun durchgemacht, und nach jedem überstandenen Anfalle bemerkte er eine bedeutende Abnahme seiner Kräfte, überhaupt eine Verschlimmerung seines Zustandes. Zwei Jahre nach Beginn des Leidens, nach dem dritten Cholikanfalle, zeigten sich die ersten Störungen in dem locomotorischen Apparate, Schwäche und Zittern in beiden Armen, beginnende Lähmung der Extensoren des dritten und vierten Fingers der rechten Hand. Im Frühjahr 1854 ein neuer Cholikanfall, die Lähmungserscheinungen nahmen nun rasch überhand, erstreckten sich auf beide Arme, so dass dieselben schlaff am Körper herabhingen, und nur noch durch die Wirkung der Flexoren bewegt oder vielmehr geschleudert werden konnten; die Paralyse ging zuletzt auch auf die beiden Beine und die Füsse über, so dass deren Gebrauch gänzlich aufgehoben war und der Kranke während zwei Monaten nicht das Bett verlassen konnte. Fast sämmtliche Muskeln des Körpers, auch mehrere mit noch nicht ausgesprochenen Lähmungserscheinungen, wie die Intercostalmuskeln, die Rücken- und Nackenmuskeln, verfielen rasch in Atrophie. Im Laufe des Sommers desselben Jahres erholte sich Patient im allgemeinen Krankenhause zu München, wo er unter anderem auch mit Stahlbädern behandelt wurde, deren er über hundert nahm, so weit wieder, dass er wieder gehen konnte, und mit der Abnahme der Lähmung auch die Ernährung der Muskeln, besonders am Thorax und im Nacken, eine bessere wurde. Von dieser Zeit an nahmen die Krämpfe in den Streckmuskeln der Beine, besonders in den Waden, an welchen Patient schon seit Beginn seiner Krankheit zu leiden hatte, an Häufigkeit und Heftigkeit zu und raubten ihm oft für mehrere Wochen den Schlaf. Im Sommer des nächsten Jahres wurde er nach Gastein geschickt, da die Lähmungserscheinungen in den Armen, besonders aber die Atrophie der Extensoren des Vorderarmes und der Hand, wieder überhand genommen hatten; von dort kehrte er, zwar nach seiner Aussage etwas gebessert, aber immer noch des Gebrauches der oberen Extremitäten völlig beraubt, zurück. Im Jahre 1856 suchte er in Folge eines neuen äusserst intensiven Anfalles von Bleicholik, mit beinahe vierzehn Tage währender Verstopfung und heftigen Leibschmerzen, neuerdings Hülfe im allgemeinen Krankenhause zu München, wo sich nach überstandener Cholik ein neues Symptom der Bleiintoxication zeigte, indem er in ein circa drei Wochen währendes Delirium (dementia saturnina) verfiel. Zu gleicher Zeit stellte sich halbseitige Lähmung der Gesichtsmuskeln und der Zunge ein; die Richtung, nach welcher die Verziehung des Gesichts und der Zunge stattfand, vermag Patient nicht mehr anzugeben. Aus dem Münchener Spital entlassen, kehrte er nach seiner Vaterstadt Nürnberg zurück, wo er in dem Pfründner Spitale zum Heiligen Geist aufgenommen wurde. Während seines dortigen Aufenthalts seit November vorigen Jahres hat er neuerdings zwei leichtere Anfälle von Cholik durchgemacht, einen im December, bald nach seinem Eintritte in die Anstalt, und den letzten im April dieses Jahres, welcher einige Tage bevor ich den Patienten zum ersten Male sah geendigt hatte.

Status praesens. Der Kranke ist von hagerer, mittlerer Statur, anämischer Hautfarbe, mit einem leidenden Gesichtsausdrucke, klagt seit dem letzten Anfalle über grosse Müdigkeit und Abgeschlagenheit am ganzen

Körper, besonders an den Beinen (arthralgia saturnina). Die ganze rechte obere Extremität bedeutend abgemagert, am stärksten tritt die Atrophie hervor in den M. M. interossei des Zeige- und Mittelfingers, dem inter. dors. prim. und secund., an deren Stelle eine deutliche Furche wahrzunehmen ist. Die genannten Muskeln waren die zuerst atrophisch gewordenen, und hatten sich seit dieser Zeit nicht wieder erholt. Die beiden anderen Interossei des Handrückens sind normal, der eine, der inter. dors. tert. sogar etwas hypertrophisch, da er als der fast einzig gesunde stets am meisten in Gebrauch war. Beträchtliche Atrophie der Extensoren der Hand und Finger, so dass die äussere Seite des Vorderarmes abgeplattet erscheint; etwas weniger atrophisch sind der M. triceps und deltoideus. Die elektrische Contractilität in den gelähmten Muskeln, nämlich in den genannten Interossei und den Extensoren des carpus und der Finger vollkommen erloschen, in den anderen atrophischen Muskeln dem Grade der Atrophie entsprechend herabgesetzt, ebenso ist in den genannten Muskeln die elektrische Sensibilität mehr oder minder ergriffen; die Sensibilität der Haut allenthalben normal. In Folge der vollkommenen Lähmung der Handstrecker hängt die Hand in horizontaler Lage des Armes fast unter einem rechten Winkel schlaff und unbeweglich nach abwärts. Das Beugen und auch das Strecken des Vorderarmes geht trotz der Atrophie des Triceps ziemlich gut von Statten; mehr leidet die Function des Deltoideus, der den Arm nicht bis zur horizontalen Lage zu erheben vermag; das Bewegen des Armes nach rückwärts und vorwärts gelingt ziemlich leicht. Die Erscheinungen am linken Arme sind dieselben wie rechts, mit dem einzigen Unterschiede, dass die M. M. interossei hier gesund sind. Die Muskeln des übrigen Körpers sind zwar im Allgemeinen schlaff und mager, ohne jedoch in ihrer Function erheblich beeinträchtigt zu sein, ebenso die der unteren Extremitäten, in denen er, ausser von einem Gefühle von Müdigkeit und Schwere, noch von häufig besonders zur Nachtzeit sich einstellenden Wadenkrämpfen belästigt wird. Die Zähne sind mit einer beträchtlichen Ablagerung von Kalksalzen bedeckt, wodurch das Zahnfleisch an den beiden Kiefern weit zurückgedrängt erscheint, an den Rändern des Zahnfleisches, besonders am Unterkiefer, ein deutlicher, circa $1\frac{1}{2}$ Linien breiter schieferfarbener Rand sichtbar. Appetit und Verdauung sind manchmal erträglich, die bei weitem grössere Zeit des Jahres aber sehr mangelhaft, alle übrigen Secretionen und Excretionen scheinen in der von Cholik freien Zeit ziemlich normal von Statten zu gehen.

Wenn wir die hier angegebenen Erscheinungen zu einem gemeinschaftlichen Bilde zusammenfassen, so wird bei einer sorgfältigen Würdigung derselben kein Zweifel auftauchen können, dass wir es hier mit den Folgen einer Bleivergiftung zu thun haben. Es bleibt nur noch die Frage zu erörtern, auf welche Weise der Kranke, dessen Lebensweise und Beschäftigung ihn wissentlich weder mit Blei noch mit irgend einem Bleipräparate in Berührung brachte, einer Bleivergiftung sich ausgesetzt haben konnte. Wenn wir erwägen, dass der-

selbe ein starker Tabackschnupfer war, und monatlich zwischen $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Pfund Taback consumirte, dass ferner die Mehrzahl der Schnupftabacke, und namentlich jene Sorte, welche Patient seit zehn Jahren gebrauchte, in Bleifolie verpackt sind, dass die meisten, wenn nicht alle, Tabacke Chlorverbindungen enthalten, welche, mit Blei in Berührung gebracht, im Wasser lösliche Bleisalze bilden, sowie endlich, dass Vergiftungen, namentlich Lähmungen, durch den Gebrauch von bleihaltigem Schnupftaback verursacht, bereits bekannt sind — Duchenne, der schwedische Arzt Malmsten, M. Meier in Berlin theilten solche Fälle mit —, so wird es höchst wahrscheinlich, dass auch bei unserem Kranken die Quelle der Vergiftung im Schnupftabacke zu suchen ist. Zur Gewissheit wird es, nachdem die chemische Analyse eine nicht unbeträchtliche Menge Blei in dem fraglichen Tabacke nachgewiesen hat. Eine ausführliche Bearbeitung des auch in sanitätspolizeilicher Beziehung interessanten Falles, mit Hinzufügung der quantitativen Verhältnisse des Bleigehaltes und dem Resultate der Behandlung, behalte ich mir vor, seiner Zeit bekannt zu machen.

4) Cerebral bedingte Lähmungen.

Der gemeinschaftliche Charakter aller hieher gehörigen Lähmungen in elektro-symptomatologischer Beziehung ist völlige Unversehrtheit der elektrischen Reizbarkeit der gelähmten Muskeln. M. Hall, der über diesen Gegenstand vor 15 Jahren schon Untersuchungen anstellte, will in allen von ihm untersuchten Fällen diese sogar erhöht gefunden haben (l. c. S. 23), was er der mangelnden Thätigkeitsäusserung des Willenseinflusses zuschreibt. Schon damals haben Todd und Pereira diese Behauptung M. Hall's angegriffen, indem sie in mehreren Fällen von apoplektischen Lähmungen beobachtet haben wollen, dass die Reizbarkeit in den gelähmten Muskeln nicht nur nicht erhöht, sondern sogar nicht unbeträchtlich geschwächt sei. Duchenne, dem in Folge einer grossen Anzahl von Beobachtungen ein gültiges Urtheil hierüber zusteht, hat gefunden, dass weder die eine noch die andere Behauptung richtig ist, und dass durchaus kein Unterschied in der elektrischen Reizbarkeit der gelähmten und der nicht ge-

lähmten Muskeln stattfinde. Hiemit stimmen auch die Erfahrungen M. Meier's, der sieben hieher gehörige Fälle auf die Reizbarkeit der gelähmten Muskeln untersuchte, sowie meine Erfahrungen in vier Beobachtungen vollkommen überein.

Was die Erfahrung Todd's und Pereira's betrifft, welcher zufolge die gelähmten Muskeln in ihrer Reizbarkeit geschwächt sein sollen, so ist dieselbe in jedem Falle eine unrichtige, und wahrscheinlich die Folge irgend eines Beobachtungsfehlers. Doch nicht so ganz irrig dürfte die Ansicht M. Hall's sein, wenn auch in ihrer Allgemeinheit unrichtig, da wirklich Fälle vorkommen, in denen die Muskelreizbarkeit bei cerebralen Lähmungen nicht unmerklich erhöht ist. Eine solche Steigerung der Reizbarkeit kann entweder scheinbar sein, bedingt durch Schwund der den gelähmten Muskel bedeckenden Gewebe, wodurch in Folge des verringerten Leitungswiderstandes ein verhältnissmässig stärkerer Strom zu dem Muskel gelangt, welcher demnach auch eine stärkere Wirkung auf den gelähmten Muskel ausüben wird als auf den gesunden, obwohl die Reizbarkeit der Muskeln selbst die gleiche ist — oder es kann wirklich eine erhöhte elektrische Reizbarkeit vorkommen, und zwar, wie ein von mir beobachteter Fall mich lehrt (siehe S. 219), beim Beginne solcher Lähmungen, welche, nicht apoplektischer Natur, einem noch unbekannten krankhaften Vorgange in der Gehirnthätigkeit zugeschrieben werden müssen. Doch findet man eine erhöhte Reizbarkeit nicht in den schon vollkommen gelähmten Muskeln, sondern meist nur in solchen, in denen ein vorhandener Schwächezustand eine beginnende Lähmung verkündet. Die Muskeln solcher Personen besitzen aber meist im Allgemeinen schon eine erhöhte Reizbarkeit, was wohl mit dem erhöhten Reizzustande des Gehirns in Zusammenhang gebracht werden kann.

Vom physiologischen Standpunkte aus sollte man bei allen Lähmungen, deren Ursache im Gehirne zu suchen ist, wirklich eine Steigerung der Reizbarkeit erwarten, und zwar aus dem Grunde, weil die gelähmten Muskeln, dem Willenseinflusse entzogen, leichter dem künstlichen Reize gehorchen können, da ihnen von Seite des Willens kein Hinderniss entgegengesetzt werden kann. Wir finden ein analoges Beispiel bei den Reflexbewegungen, die ebenfalls bei aufgehobenem Willenseinflusse

ungleich stärker hervortreten, als wenn der Wille seinen Einfluss auf die motorischen Nerven noch geltend machen kann. Dass dies nicht der Fall ist, haben wir gesehen. Woher diese Abweichung der praktischen Beobachtung von der physiologischen Annahme kommen mag, wage ich nicht zu entscheiden, doch glaube ich, dass die Behauptung Duchenne's, der bei cerebralen Lähmungen die elektrische Reizbarkeit der gelähmten Muskeln unbedingt für normal hielt, beziehungsweise Ausnahmen erleiden dürfte, und dass demnach die Untersuchungen über diesen Gegenstand noch nicht als abgethan zu betrachten sind.

Unter allen Lähmungen gestatten die besprochenen die wenigst günstige Prognose für die Faradisation, was um so weniger auffallend sein wird, wenn wir bedenken, dass einerseits die Elektricität ein rein örtlich wirkendes Medium ist, und dass der eigentliche Sitz dieses Leidens, das Gehirn, für elektrische Erregung unzugänglich ist. Die Lähmung mag nun durch den Druck eines Blutergusses in der Schädelhöhle oder irgend welchen pathologischen Vorgang in einzelnen Theilen des Gehirns bedingt sein, so lange wir die Ursache nicht zu beseitigen vermögen, ist natürlich an eine Heilung nicht zu denken.

Die überwiegende Anzahl der hieher gehöriger Lähmungen sind solche, die durch eine Cerebralhämorhagie herbeigeführt, gewöhnlich mit dem Namen „apoplektische Lähmungen" bezeichnet werden. Diese Lähmungen können nur dann Gegenstand einer faradischen Behandlung werden, wenn das die Lähmung bedingende Extravasat resorbirt, oder eine hinlängliche Zeit verstrichen ist, dass die Resorption oder Ausheilung der Gehirnverletzung vermuthet werden kann. Duchenne schliesst aus seinen Beobachtungen, dass dies häufig in vier bis sechs Monaten der Fall ist. Besteht die Hemiplegie noch über diese Zeit hinaus, ohne dass sie mit Contracturen verbunden ist, so ist die Lähmung meist nicht mehr durch die Hirnverletzung unterhalten, sondern eine rein locale, die Folge des durch längere Unthätigkeit eines Gehirntheiles gestörten Einflusses des Willens auf die Muskelbewegung. Das Vorhandensein von Contracturen und Schmerzen in dem gelähmten Gliede beurkundet fast immer eine tiefere Gehirnverletzung,

die Gegenwart einer beträchtlichen Ciste, bedeutenden Substanzverlust u. s. w., was Duchenne mehrmals durch Autopsie bestätigt fand. Duchenne giebt im Allgemeinen für die Faradisation der Hemiplegien folgende prognostische Anhaltspunkte (l. c. S. 717). Besteht die Lähmung nicht zu lange, etwa nur sechs bis zwölf Monate, und ist keine Contractur vorhanden, so kann man mit Wahrscheinlichkeit auf Heilung durch die Faradisation rechnen; ist die Lähmung aber mit anhaltenden Contracturen einzelner Muskeln complicirt, oder werden die Muskeln bei jeder Einwirkung, bei jedem Versuche einer willkürlichen Bewegung unwillkürlich contrahirt, so ist von der Faradisation nichts zu erwarten. Eine vollkommene Heilung erzielte Duchenne nur in sehr wenigen Fällen, bei circa fünf Procent der Behandelten, etwas mehr, ungefähr 25 Procent, wurden durch die Faradisation mehr oder weniger gebessert, und bei der grössten Anzahl, als fast bei drei Viertel, blieb die Anwendung der Faradisation ganz ohne Erfolg. Bedenkt man ferner, dass manche derartige Lähmung von selbst heilt, so dürfte das kleine Häuflein der Geheilten und Gebesserten noch mehr reducirt werden.

Ich will jedoch den Nutzen der Faradisation bei der Hemiplegie nicht gänzlich in Abrede stellen, sie mag immerhin von einigem Nutzen sein und ist daher eines Versuches werth, besonders in solchen Fällen, die Duchenne als die günstigeren bezeichnet. Da die gelähmten Muskeln weder in ihrer elektrischen Reizbarkeit noch in ihrer Ernährung leiden, so wird man sich am besten der indirecten Faradisation bedienen, um so mehr, als diese nicht einzelne Muskeln, sondern ganze Muskelgruppen in Bewegung setzt, und eine solche Bewegung den mangelnden Willenseinfluss auf die Muskeln am ehesten zu ersetzen und zu restituiren im Stande ist, da sie in ihrem Auftreten der willkürlichen Bewegung am ähnlichsten ist. Bei der Neigung apoplektischer Insulte zu Recidiven ist es gerathen, immer nur sehr vorsichtig zu Werke zu gehen und sich stets nur schwacher, langsamer Ströme zur Erregung der gelähmten Muskeln zu bedienen. Diese Vorsicht ist besonders bei der Faradisation der Gesichts- und Zungenmuskeln nöthig. Meist fühlen die Kranken unmittelbar nach der ersten Sitzung eine grössere Beweglichkeit in dem gelähmten Gliede, was, neben-

bei gesagt, bei der Behandlung der meisten Lähmungen der Fall ist, ohne dass jedoch die daran geknüpften Erwartungen auf Heilung in Erfüllung gehen. Ich habe drei Fälle von apoplektischen Lähmungen ohne allen Erfolg faradisirt, einen Mann von 45 Jahren, bei einem sechsjährigen Bestande des Leidens, in 60 Sitzungen, einen Mann von 52 Jahren, dessen ganze rechte Seite während neun Jahren gelähmt war — die Flexoren der rechten Hand waren in permanenter Contractur —, mittelst 40maliger Anwendung der Faradisation, und eine Frau von 62 Jahren, die seit 24 Jahren gelähmt war, faradisirte ich 20 Mal. Besonders diese war es, die, nach der ersten Sitzung ungemein erfreut über den günstigen Erfolg, mir versicherte, dass sie jetzt schon im Stande wäre, Bewegungen zu vollführen, deren Ausführung ihr früher nicht möglich war. Diese scheinbare Besserung war jedoch nur von kurzer Dauer, wiederholte sich zwar während der nächsten 5 bis 6 Sitzungen in geringerem Grade wieder, da ich aber nach 20maliger Faradisation mich überzeugte, dass ihr Zustand sich durchaus nicht gebessert hatte, stand ich von der weiteren Behandlung ab. Allerdings waren diese drei von mir behandelten Fälle keineswegs günstig für die Faradisation, zwei davon schon des langen Bestehens der Lähmung wegen und bei dem dritten ausserdem noch der vorhandenen Contractur wegen, welche auf ein tieferes Ergriffensein des Gehirns schliessen lässt; ich habe jedoch bis jetzt noch keinen günstigeren Fall erhalten, um mich von einem wirklichen Erfolge überzeugen zu können. In Ermangelung dessen führe ich eine von den vielen Beobachtungen Duchenne's an, eine Hemiplegie, die durch die Faradisation geheilt wurde.

Einem Manne von 32 Jahren war in Folge eines apoplektischen Anfalles der rechte Arm vollkommen gelähmt, der zehn Monate nach dem Unfalle in folgendem Zustande zu Duchenne kam: Die vollkommen gelähmte rechte obere Extremität hing schlaff am Körper herab, und kann nur mit Mühe etwas von diesem entfernt werden; die Beugung des Vorderarmes, sowie jede Bewegung der Hand unmöglich, die Hand selbst hat ein livides Ansehen und zeigt eine Temperaturabnahme von 6 Grad, sie ist wenig empfindlich und des Tastsinnes fast vollkommen beraubt. Contracturen nicht vorhanden; elektro-muskuläre Contractilität und Sensibilität vollkommen normal. — Schon nach wenigen Sitzungen war der Kranke im Stande, den Arm bis zu einem rechten Winkel vom Rumpfe zu entfernen, den Kopf, den Nacken und Rücken mit der Hand zu berühren, die Beugung

des Vorderarmes, Pronation und Suppination gingen leiser vor sich und die Kräfte kehrten schnell zurück. Die Lähmung der Finger widerstand längere Zeit der Behandlung und wich erst nach 30maliger Anwendung der Faradisation, nach welcher Zeit der Kranke als vollkommen geheilt entlassen werden konnte. Die normale Temperatur und Färbung der Haut sowie das Gefühl in der Hand, waren schon gleich bei Beginn der Behandlung durch die cutane Faradisation beseitigt.

Wir kommen nun zu einer zweiten Gruppe cerebraler Lähmungen, zu der allgemeinen Lähmung der Irren, welche zuerst von Calmeil beschrieben (De la paralysie des aliénés. Paris 1826) und später von Duchenne einer sorgfältigen Untersuchung gewürdigt wurde, welcher sie „Paralysie générale des aliénés“ nennt. Wie bei allen cerebralen Lähmungen ist auch hier die elektrische Reizbarkeit der gelähmten Muskeln vollkommen erhalten, diese leiden nicht in ihrer Ernährung und bieten ausser ihrer Unfähigkeit, dem Willen zu folgen, keinerlei abnorme objective oder subjective Erscheinung dar. In der vollkommenen Unversehrtheit der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität bei dieser Lähmungsform findet Duchenne wichtige Anhaltspunkte, nicht nur für die Diagnose, sondern auch für die Prognose des genannten Leidens. Bei der allgemeinen Lähmung ohne Geistesstörung sei die Reizbarkeit in den gelähmten Muskeln nämlich immer mehr oder minder ergriffen, während bei der Lähmung der Irren keine Abnahme in der elektrischen Muskelreizbarkeit zu entdecken sei. Eine grosse Anzahl von Beobachtungen über diesen Gegenstand berechtigten ihn zu dem Schlusse, dass jede allgemeine Lähmung mit völliger Unversehrtheit der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität den Eintritt einer Geistesstörung mit grosser Wahrscheinlichkeit in Aussicht stelle, besonders, wenn sich bereits Störungen in der Sprache bemerkbar machten, während andererseits die Abwesenheit der elektrischen Contractilität jeden Gedanken an eine Gefahr für die Geistesthätigkeit des Patienten ausschliesst. Was die Unversehrtheit der Muskelreizbarkeit bei der Lähmung der Irren betrifft, so stimmen auch die Beobachtungen anderer Autoren, wie die M. Meier's, vollkommen überein; in Betreff des von Duchenne hieraus gezogenen Schlusses jedoch dürfte derselbe denn doch etwas zu allgemein gehalten und selbst

eine Wahrscheinlichkeitsannahme zu viel sein. Ich habe zwei hieher zu zählende Fälle beobachtet, wo die Lähmung eine allgemeine, in dem einen Falle seit fünf und in dem anderen seit drei Jahren bestehend, ohne dass sich bis jetzt die geringste Störung in der Intelligenz bei denselben bemerkbar machte. Es ist allerdings die Möglichkeit vorhanden, dass eine solche Störung später noch eintreten kann, — aber welcher Mensch kann mit Bestimmtheit von sich oder einem anderen sagen, dass er diesem traurigen Loose entgeht, — ich hüte mich daher auch, einen Schluss irgend einer Art aus diesen zwei Beobachtungen zu ziehen, und wage es nur, die Duchenne'sche Prognose in ihrer Allgemeinheit zu bezweifeln, um so mehr, als sich gewichtige Stimmen gegen dieselbe bereits erhoben haben*). Da von einem therapeutischen Erfolge der Faradisation bei dieser Lähmung aus sehr nahe liegenden Gründen nicht die Rede sein kann, so unterlasse ich ein weiteres Eingehen in Details, und wende mich zu einer dritten Gruppe von cerebral bedingten Lähmungen, welche häufig ohne irgend eine wahrnehmbare Veranlassung, oder nach länger andauernden Gemüthsaffecten eine oder auch beide unteren Extremitäten, seltener die oberen Extremitäten befallen. Nicht zu verwechseln mit der Paralysie générale spinale Duchenne's, mit welcher die hier zu beschreibende Lähmungsform, mit Ausnahme des Verlustes der elektro-muskulären Contractilität, grosse Aehnlichkeit hat. Diese Form ist es, welcher Duchenne das vorerwähnte traurige Prognostikon stellt, ob mit Recht oder Unrecht, lassen wir dahingestellt. Sie unterscheidet sich von der Lähmung der Irren durch Ungetrübtheit der Geistesfunctionen, von der spinalen Lähmung durch Unversehrtheit der elektro-muskulären Contractilität. Von der letzteren noch besonders, wie ich in mehreren Fällen zu beobachten Gelegenheit hatte, durch die heftige Einwirkung einer geistigen Emotion auf das momentane Befinden der Patienten; ebenso wird die geringste Ermüdung nachtheilig auf dieselben wirken. Während der Kranke vorher noch im Stande war, seine Füsse zu schleppen, so wird er durch eine für seine Kräfte zu grosse Anstrengung, wie sie

*) Cohn in Breslau. Schmidt's Jahrb. Bd. 86, S. 323.

das Gehen ihm verursacht, plötzlich aller Fähigkeit, sich fortzubewegen, beraubt. Bei den spinalen Lähmungen ist dies meist umgekehrt, der Kranke fühlt sich nach mehrstündiger Ruhe steif in den Beinen, und erst nach einigen Versuchen, zu gehen, kommt mehr Beweglichkeit in die Beine und es wird ihm das Gehen erleichtert. Ich führe diese Erscheinung hier an, obwohl es nicht meine Aufgabe ist, eine genaue Symptomotologie der einzelnen Krankheitsformen zu geben, da ich sie noch nirgends erwähnt fand und sie immerhin zur grösseren Sicherstellung einer Diagnose beitragen kann. — Nachfolgender Fall, den ich von Herrn Professor Dietz zur elektrischen Behandlung bekam, giebt ein ziemlich charakteristisches Bild von dem Verlaufe dieser Lähmung, wenigstens in ihren ersten Stadien, und zeigt auch zugleich, wie wenig die Therapie gegen dieselbe zu leisten vermag.

Herr B., Kupferstecher, 44 Jahre alt, von hier, von untersetztem, kräftigem Körperbaue, früher stets gesund, mit Ausnahme eines leisen Hanges zur Schwermüthigkeit, welcher sich manchmal kund gab, verspürte im Frühjahre 1853, nach mehrmonatlichen heftigen Gemüthsaffecten, welche von bohrenden Schmerzen im Kopfe, besonders im Hinterhaupte, begleitet waren, dass er beim Gehen leichter ermüdete, als dies sonst der Fall war; zugleich bemerkte er an mehreren Körperstellen, besonders auf der linken Wange, ein Gefühl von Taubheit, ohne dass die Empfindung an der betreffenden Hautstelle beeinträchtigt gewesen war. Diese subjective Gefühlsalteration der Haut verschwand jedoch nach einigen Monaten von selbst, ausgenommen an der rechten Hüfte und der rechten Fusssohle, ebenso war der Kopfschmerz verschwunden. Im darauf folgenden Jahre hatte das leichte Ermüden beim Gehen überhand genommen; Patient, der früher stundenlang ohne Anstrengung zu gehen vermochte, war nun nach einviertelstündigem Gehen so erschöpft, dass er sich setzen musste und erst nach kurzer Ruhe weiter zu gehen im Stande war. Dabei war keine Functionsstörung der einzelnen Muskeln vorhanden, er konnte, besonders wenn er geruht hatte, alle Bewegungen mit den Beinen vollkommen und kräftig vollführen. Das sonstige Befinden des Patienten, mit Ausnahme einer Trägheit des Stuhlganges, war vollkommen gut. — Als ich denselben im Frühjahre 1856, nachdem er den Sommer zuvor Wildbad gebraucht, im darauf folgenden Winter ein Haarseil im Nacken mehrere Monate getragen und von Zeit zu Zeit Laxantien, Alles erfolglos, gebraucht hatte, zum ersten Male sah, fand ich ihn in folgendem Zustande. B. ist wohlgenährt, etwas fettleibig, von blasser Gesichtsfarbe, ist im Zimmer ohne Stock einige Minuten zu gehen im Stande, wobei er jedoch das rechte Bein mühsam und schleppend bewegt. Das Gehen auf der Strasse fällt ihm schwerer, nach etwa 30 bis 40 Schritten ist er genöthigt, einige Minuten zu ruhen, worauf er neuerdings wieder dieselbe Strecke langsam zurücklegen kann. Das Beugen des Oberschenkels etwas erschwert, hat er einige Mal mit

Anstrengung einen Beugungsversuch gemacht, ist er unfähig, das Bein zu heben, ebenso gelingt das Beugen der Zehen des rechten Fusses nur mit Mühe; ein Gefühl von Schwäche im rechten Arme, ein Gefühl von Taubheit oder „Beklommenheit", wie Patient es nennt, in der linken Hand. Die Schwäche in der rechten oberen Extremität hindert ihn in seiner Beschäftigung, so dass er nur immer kurze Zeit, mit längeren Ruhepausen, zu arbeiten vermag. Alle diese Erscheinungen treten nach Gemüthsalterationen, denen er bei seiner reizbaren Natur häufig ausgesetzt ist, auffallender hervor, bessern sich aber auch ebenso bei ruhiger, froher Stimmung wieder für einige Zeit. Bei der Untersuchung der einzelnen Muskeln mittelst der Faradisation fand ich deren Contractilität und Sensibilität allenthalben vollkommen erhalten, die schwächsten Ströme waren im Stande, energische Contractionen in allen Muskeln zu erzeugen, eine Erregbarkeit der motorischen Nerven und resp. Muskeln, wie ich sie weder an Gesunden, noch an Kranken je beobachtete. (Siehe S. 175.)

Ich begann die Behandlung mit einer mässigen Faradisation der Haut an der linken Hüfte und der rechten Fusssohle, wo die Empfindung etwas beeinträchtigt war, und beseitigte diese Erscheinung auf diese Weise nach etwa zehn Sitzungen. Zugleich faradisirte ich die Muskeln mit schwachen Strömen von den Nerven aus, einzelne wie die M. M. interossei des Fusses, den M. rectus femoris, deren Function besonders beeinträchtigt war, auch direct. Patient fühlte sich nach jeder Sitzung, nachdem er eine halbe Stunde nachher noch geruht hatte, sehr wohl, er konnte längere Zeit und ohne Stock im Zimmer gehen und schöpfte, von dem Erfolge ermuthigt, die beste Hoffnung auf seine vollkommene Genesung. Dieser Zustand blieb während zweier Monate, in welcher Zeit ich den Kranken jeden zweiten Tag faradisirte, so ziemlich derselbe, als plötzlich nach einigen durch häusliche Verhältnisse verursachten Gemüthserregungen wieder ein auffallender Rückschritt in seinem Befinden sich einstellte. Ich setzte die faradische Behandlung, mit Unterbrechung von einigen Wochen, noch volle fünf Monate, bis zum December vorigen Jahres, fort; in der letzteren Zeit nur mehr zur Beruhigung des Patienten, da ich mich längst von der Erfolglosigkeit derselben überzeugt hatte. Der Kranke befindet sich gegenwärtig ohne alle Behandlung, so ziemlich in demselben Zustande, wie vor fünf Monaten, er vermag mit einem Stocke einigemal im Zimmer auf und nieder zu gehen, das Beugen des rechten Oberschenkels gelingt an manchen Tagen ziemlich leicht, während er an anderen die Füsse nicht von der Erde zu heben vermag.

Der vorliegende Fall ist zweifelsohne eine theilweise Lähmung motorischer Nerven, deren Ursache im Gehirn zu suchen ist; welcher Art jedoch die nächste Veranlassung ist, welcher Theil des Gehirns und in welcher Weise dessen Function gestört ist, hierüber vermag uns die pathologische Anatomie zur Zeit noch keine Aufschlüsse zu ertheilen. Gegen eine Gehirnblutung spricht besonders die Verbreitung der Lähmungserscheinungen und das allmälige Fortschreiten derselben, wie

dies bei apoplektischen Lähmungen nicht der Fall ist; den Gedanken an eine spinale Lähmung beseitigt der Erregungszustand der Muskeln vollkommen, welcher bekanntlich bei dieser Form immer mehr oder minder darniederliegt. Was den gesteigerten Erregungszustand der Muskeln betrifft, so war derselbe nicht, wie M. Hall bei den cerebralen Lähmungen gefunden haben will, bloss auf die gelähmten Muskeln beschränkt, sondern er war ein allgemeiner, und giebt, ebenso wie der innige Zusammenhang der willkürlichen Beweglichkeit der Muskeln mit dem Gemüthszustande des Kranken, einen neuen Beweis für den Sitz der Lähmungsursache. — Obwohl B. meist nach dem Faradisiren sich etwas gestärkt fühlte, so glaube ich doch nicht, dass es auf den Verlauf der Krankheit von Einfluss war, und setze die momentane Besserung bei Beginn der Behandlung lediglich nur auf Rechnung des besseren und froheren Gemüthszustandes, den Patient durch gesteigerte Hoffnung auf Genesung sich selbst bereitet hatte. Wenn ich den vorhergehenden Fall etwas ausführlicher behandelte, so geschah dies theils des Interesses wegen, das derselbe hat, sowie, weil er ein charakteristisches Bild von dieser Lähmungsform giebt.

5) Spinale Lähmungen.

Nach traumatischer Verletzung des Rückenmarkes entstehen ebenso wie nach Verletzungen einzelner motorischer Nerventämmen Lähmungen unterhalb der verletzten Stelle. Die Verbreitung sowie der Grad der Lähmungserscheinungen hängt gleich diesen von der Tiefe der Verletzung ab. Ist das Rückenmark an irgend einer Stelle in seine Continuität völlig getrennt, so sind alle unterhalb der Trennung gelegenen Nerven und Muskeln vollkommen gelähmt. Es geht daher auch hier, wie bei der Verletzung motorischer Nerven, die Abnahme der Ernährung und der elektrischen Reizbarkeit der gelähmten Muskeln gleichen Schritt mit der Tiefe der Verletzung. Wir können daher dieselben diagnostischen Zeichen auch für die traumatische spinale Lähmung gelten lassen; nicht so aber in prognostischer Beziehung, wo der Mangel der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität bedeutend bedenklicher ist

und demgemäss die Voraussage weit mehr trübt, als dies bei Lähmungen nach Nervenverletzung der Fall ist, eine Verschiedenheit, die in dem verschiedenen Verhalten des Rückenmarkes von dem der motorischen Nerven, sowie in der Eigenschaft des Rückenmarkes als Centralorgan überhaupt hinlänglich begründet ist. Doch ist damit nicht gesagt, dass solche Verletzungen nicht wieder heilen können, worauf dann die örtliche Faradisation die normale Ernährung und willkürliche Bewegung in den Muskeln wieder herzustellen vermag. Liegt jedoch die elektrische Reizbarkeit der gelähmten Muskeln vollkommen darnieder, ist zugleich Anästhesie der Haut vorhanden, so gehen dieselben nach Duchenne's Erfahrung unvermeidlich der vollkommenen Atrophie und Entartung entgegen.

Als Beleg für die Wirksamkeit der Faradisation bei traumatischen Rückenmarkslähmungen dient uns ein von Duchenne beobachteter Fall.

Ein junger Mann von 18 Jahren hatte sich durch Aufheben einer schweren Last eine Verletzung des Rückenmarkes zugezogen, er empfand einen heftigen Schmerz in der Wirbelsäule und stürzte zur Erde. Nach diesem Umfallen stellte sich eine Schwäche der unteren Extremitäten ein, Beschwerde beim Uriniren, Behinderung des Athmens. Nach einem halben Jahre waren die Beine vollkommen gelähmt, mit geschwächter Sensibilität der Haut und dem Gefühl von Kribbeln und Taubheit in denselben; an der Wirbelsäule im Niveau des fünften Rückenwirbels ein kleiner Vorsprung; die Schmerzen etwas geringer als zuvor. Als Duchenne neun Monate nach dem Unfalle den Kranken untersuchte, fand er die elektromuskuläre Contractilität und Sensibilität in den Beinen vollkommen erloschen, die Hautempfindung aber normal, die Muskeln bedeutend atrophisch. Nach der sechsten Sitzung, wobei Duchenne die gelähmten Muskeln kräftig faradisirte, Flexion und Extension der Zehen, nach funfzehn Sitzungen Beugung des Ober- und Unterschenkels, und nach zwei Monaten konnte Patient gestützt einigemale im Zimmer auf- und niedergehen. Nach weiteren zwei Monaten ging er allein nur mit Hülfe eines Stockes, und nach einem halben Jahre ging er ohne Stock ganz sicher und konnte alle Bewegungen mit den Beinen leicht vollführen. Die Muskeln hatten ihren früheren Umfang wieder erhalten, das Allgemeinbefinden war gut, und der Kranke verliess zufrieden das Spital.

Die Heilung einer Paraplegie nach einem Bruch der Wirbelsäule theilt Viaud mit (l'Union méd. 1853, Nro. 89):

Ein Matrose, 30 Jahre alt, stürzte von einem Maste auf das Verdeck; eine starke Contusion in der rechten Lendengegend und der Hinterbacke, nach vier Monaten Lähmung der Muskeln auf der vorderen Seite des linken Oberschenkels mit Atrophie, der Gang sehr erschwert, leichtes Hervor-

stehen des Trac. spinos. des dritten Lendenwirbels. Heilung durch Faradisation des N. cruralis innerhalb zweier Monate.

Analog in diagnostischer Beziehung verhalten sich die spontanen Rückenmarkslähmungen, bei denen keine traumatische Einwirkung nachgewiesen werden kann, wie die Tabes dorsualis, nur ist die Prognose bei dieser noch weit ungünstiger. Duchenne sah keinen Fall der Art, der von wirklicher Entartung des Rückenmarks ausging, heilen. Anders verhält sich's, wenn die Lähmungserscheinungen nur durch eine Hyperämie in den Häuten des Rückenmarks bedingt waren, hier reicht oft eine locale Blutentziehung oder die Anwendung passender Reizmittel etc. zur Beseitigung des Uebels aus. Der Zustand der elektrischen Reizbarkeit der gelähmten Muskeln giebt uns einen genauen Aufschluss über den Grad des Ergriffenseins des Rückenmarks. M. Hall stellte schon den Satz auf, dass bei den spinalen Lähmungen die elektrische Reizbarkeit der gelähmten Muskeln stets vermindert ist, welcher wohl auch im Allgemeinen als richtig angenommen werden kann. Duchenne bestätigt diese Annahme ebenfalls, eine Beobachtung jedoch hindert ihn, die Allgemeingültigkeit dieses Satzes unbedingt anzunehmen. Dieser Fall betrifft eine seit sieben Jahren bestehende Paraplegie mit vollkommen erhaltener elektro-muskulärer Contractilität und Sensibilität, wobei die Autopsie einen beträchtlichen Schwund des Rückenmarks in der grauen Substanz in einer Ausdehnung von 4 bis 5 Centimeter in der Gegend der letzten Rückenwirbel nachwies (l. c. S. 520). Duchenne glaubt aus dieser Beobachtung vielleicht schliessen zu dürfen, dass die graue Substanz keinen Einfluss auf die Muskelreizbarkeit ausübt, wodurch sich die Eigenthümlichkeit dieses Falles erklären liesse. In zwei hieher gehörigen Lähmungen mit ausgesprochenem spinalem Charakter, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, war die elektro-muskuläre Contractilität und Sensibilität in den gelähmten unteren Extremitäten herabgesetzt in einem Falle bei einem Manne von 52 Jahren bei elfjährigem Bestande der Lähmung sehr erheblich, in einem anderen Falle, der einen Mann von circa 42 Jahren betraf, dessen Lähmung fünf Jahre bestand, etwas minder. Anästhesie der Haut war bei Beiden nicht vorhanden.

6) Hysterische Lähmungen.

Im Gefolge der Hysterie treten bisweilen, meist nach längerem Bestande des Leidens, Lähmungen auf, welche in der Regel die unteren und nur selten die oberen Extremitäten befallen. Es ist schwer, bestimmte Normen über das Auftreten und den Verlauf dieser Lähmungen zu geben, da sie, wie es bei hysterischen Affectionen überhaupt der Fall ist, eine grosse Mannigfaltigkeit in den Erscheinungen darbieten. Diese liegen im Allgemeinen zwischen der cerebralen und spinalen Lähmung in der Mitte. Die Hauptmerkmale sind: Verlust der elektro-muskulären Sensibilität, hie und da auch des Muskelgefühls in den gelähmten und ungelähmten Muskeln (Romberg's Muskelanästhesie), wobei die Kranken ihrer Bewegungen sich nicht bewusst sind und, wenn sie die Augen geschlossen haben, sich gar nicht oder nur höchst unsicher zu bewegen vermögen; die elektrische Contractilität ist in den gelähmten Muskeln stets erhalten, und diese ist an allen Stellen dieselbe. Die Ernährung der gelähmten Muskeln ist nicht erheblich beeinträchtigt, und wenn die Muskeln auch im Allgemeinen mehr oder minder abgemagert sind, so besteht doch in dieser Beziehung keine Differenz zwischen den gesunden und den gelähmten Muskeln. Vor wenigen Tagen untersuchte ich im Beisein des behandelnden Arztes, Herrn Dr. Birkmeyer, den nachfolgenden, hieher gehörigen Fall.

Fräulein M., 45 Jahre alt, von hier, leidet seit früher Jugend an leichten asthmatischen Beschwerden, welche sich besonders zur Zeit der Menstruation einzustellen pflegten, menstruirte stets unregelmässig, und seit zwei Jahren fehlen die Menses gänzlich, öfter, besonders in früherer Zeit, bohrende Schmerzen im Kreuze. Ausser den angegebenen Symptomen und der hysterischen eigenthümlichen Beredsamkeit im Erzählen ihrer Leiden waren keine ausgesprochenen Symptome von Hysterie vorhanden; Kopfschmerz, Globus hyst., Uterinkrämpfe etc. nie vorhanden. Vor acht Jahren zeigten sich die ersten Motilitätsstörungen in den unteren Extremitäten, gegen welchen Zustand Patientin so zu sagen die ganze Therapie erschöpft hat. Status praesens. Die Kranke, von grosser Statur, am ganzen Körper beträchtlich abgemagert, vermag nur zu gehen, wenn der Körper auf beiden Seiten gestützt ist; Unsicherheit im Aufsetzen der Füsse. Dazu aufgefordert, vermag sie zwar den Oberschenkel zu beugen, den Unterschenkel zu strecken, ebenso den Fuss zu beugen und zu strecken, aber alle diese Bewegungen werden zwar nicht mit Anstrengung, jedoch ohne Kraft vollführt. Am meisten sind die Lähmungserscheinungen an den

Zehen der beiden Füsse ausgesprochen, in dem M. abductor hallucis, wodurch die grosse Zehe etwas nach einwärts unter die zweite Zehe zu liegen kommt, sowie in dem M. flexor digit. com. brev., welcher veranlasst, dass die beiden letzten Phalangen der Zehen gerade stehen und nicht gebeugt werden könnnen. Patientin bringt die meiste Zeit des Tages auf einem Stuhle sitzend zu; die Nächte sind schmerzfrei, mit Ausnahme eines krampfhaften Gefühles in den Beinen, welches ihren Schlaf manchmal unterbricht. Sämmtliche Muskeln contrahiren sich energisch auf die Einwirkung eines mässigen Inductionsstromes, wobei die Kranke jedoch, ausgenommen ein unbedeutendes Brennen auf der Haut, keine Empfindung hat; die Sensibilität der Haut nicht erheblich herabgesetzt. Wird sie an den Beinen an irgend einer Stelle gedrückt oder gestossen, so fühlt sie zwar eine Berührung, vermag aber die Stärke des ausgeübten Druckes nicht zu beurtheilen, und erträgt einen starken Druck vollkommen schmerzlos.

Der erwähnte Fall möchte des zuletzt angeführten Umstandes wegen nicht ohne Interesse sein. Wir begegnen hier bei vollkommen erhaltener elektrischer Contractilität der Muskeln einem Mangel des Gefühls in denselben, welchen Zustand Romberg (dessen Lehrbuch der Nervenkrankheiten, Bd. I, S. 269) Muskelanästhesie nennt, und ihn als steten Begleiter der Tabes dorsualis gefunden hat. Der angeführte Fall ist auch von mehreren Aerzten als Tabes dorsualis erklärt worden, ob in Erwägung dieses Umstandes oder aus anderen Gründen vermag ich nicht zu entscheiden, da ich die gestellte Diagnose nicht von den sie früher behandelnden Aerzten, sondern aus dem Munde der Kranken selbst erfuhr. Dessenungeachtet glaube ich mit Bestimmtheit annehmen zu können, dass die Lähmung keinen spinalen Charakter, sondern lediglich den der hysterischen Lähmung an sich trägt. Erscheinungen der Hysterie sind seit Jahren vorhanden, und obwohl dieselben weder von besonderer Heftigkeit noch grosser Ausbreitung sind, so genügen sie doch bei der vollkommenen Unversehrtheit der elektrischen Reizbarkeit der Muskeln, jeden Gedanken an ein vorhandenes Rückenmarksleiden zu beseitigen und den rein hysterischen Charakter der Lähmung erkennen zu lassen. Duchenne giebt auch an (l. c. S. 415 u. d. f.), den Mangel des Muskelgefühls (conscience musculaire) bei hysterischen Lähmungen häufig beobachtet zu haben.

Was die Prognose für die Faradisation betrifft, so lassen sich nach Duchenne's reichen Erfahrungen auf diesem Gebiete bestimmte Anhaltspunkte nicht geben — manche Lähmungen

verschwinden rasch unter dem Einflusse des elektrischen Stromes, während die überwiegend grössere Anzahl gleichwie jeder anderen Medication so auch der Faradisation Trotz bietet.

Zur Behandlung der hysterischen Lähmungen stellt Duchenne die cutane Faradisation in die erste Reihe, vermittelst welcher es ihm häufig allein gelang, die willkürliche Bewegung des gelähmten Muskels wieder anzuregen (l. c. S. 742). Ich kann im Allgemeinen diesem Vorschlage nur beipflichten, und erwähne bei dieser Gelegenheit eine nicht uninteressante Beobachtung über den Einfluss der sensitiven Nerven auf die Contractilität der Muskeln, welche ich öfter zu machen Gelegenheit hatte. Wird nämlich ein seiner elektrischen Contractilität theilweise beraubter Muskel, resp. die darüber befindliche Hautstelle, dieselbe mag in ihrem Empfindungsvermögen alterirt sein oder nicht, vermittelst der Metallpinsel faradisirt, so wird die nachfolgende Faradisation der Muskeln diese weit erregbarer finden als zuvor. Ich habe diese Erscheinung am deutlichsten bei Lämmermann S. 189 beobachtet, dessen Extensoren der rechten Hand und Finger anfangs auf Einwirkung des stärksten Stromes sich nicht bewegten, schickte ich aber eine kräftige Erregung der Hautnerven voraus, so contrahirten sich die vorher ganz unbeweglichen Muskeln sehr deutlich. Die Wirkung der cutanen Faradisation ist aber nicht nur ein vorübergehendes Symptom, sondern sie ist von wesentlichem Einflusse auf die Heilung der Lähmung, und von dem Tage der Anwendung der Metallpinsel trat bei Lämmermann auffallende Besserung ein, wie ich sie zuvor durch die Muskelfaradisation allein nicht erreichte. Die Ursache dieser Erscheinung kann wohl in nichts Anderem liegen, als in einer reflectorischen Wirkung der sensitiven auf die motorischen Nerven. Sowohl die Hautnerven als die sensitiven Nerven der Muskeln vermögen diese Erscheinung zu vermitteln, denn das Resultat blieb dasselbe, ob ich Metallpinsel auf die trockene Haut oder den secundären Strom vermittelst feuchter Stromgeber auf die Muskeln einwirken liess, stets fand ich die elektrische Contractilität der Muskeln darnach beträchtlich gesteigert.

Wenn wir nun die Erfahrung Duchenne's in Betreff der Wirksamkeit der cutanen Faradisation mit meinen Beobachtungen zusammenstellen, so ersehen wir daraus, dass die Erre-

gung der sensitiven Nerven nicht nur auf die elektrische Contractilität benachbarter Muskeln wirkt, sondern, was für die Therapie besonders wichtig, auch auf die willkürliche Bewegungsfähigkeit derselben, wenn diese vorher beeinträchtigt war *).

Ist bei einer hysterischen Lähmung gleichzeitig Anästhesie der Haut vorhanden, so ist es stets gerathen, die Behandlung mit der cutanen Faradisation zu beginnen. Reicht man damit allein nicht aus, so kann man gleichzeitig auch die Faradisation der Muskeln vornehmen, und zwar, da diese nicht in ihrer elektrischen Contractilität leiden, mit schwachen secundären Strömen. Bei vorherrschender Muskelanästhesie und normaler oder nur wenig herabgesetzter Sensibilität der Haut steht die Faradisation der Muskeln mittelst secundärer Ströme von einer der Muskelempfindung entsprechenden Stärke oben an. — Nachstehend theile ich einen von Duchenne (l. c. S. 740) behandelten Fall einer hysterischen Lähmung mit, der in einer Sitzung vollständig geheilt wurde.

Marie Picard, 42 Jahre alt, früher stets gesund, bekam in ihrem 40. Jahre nach länger andauernden Gemüthsaffecten einen hysterischen Anfall mit heftigen Convulsionen, der sich in der ersten Zeit täglich vier- bis fünfmal wiederholte; nach fünf bis sechs Monaten wurden die Anfälle seltener und stellten sich zuletzt nur noch zwei- oder dreimal im Jahre ein. Seit etwa 1½ Jahren bekam sie Kreuzschmerzen, Zucken auf der Fusssohle und Steifigkeit in den Beinen, um dieselbe Zeit wurde das Gehen erschwert und es stellte sich Lähmung in der Blase ein. Diesem Zustande folgte seit circa fünf bis sechs Monaten ein Gefühl von Schwere in beiden Armen, mit Beeinträchtigung der Beweglichkeit. Bei der Aufnahme in die Charité fand man folgenden Zustand: Die Kranke ist geistig etwas erregt, ohne Kopfschmerzen; vollkommene Unempfindlichkeit der ganzen linken Körperhälfte, mit gleichzeitigem Verlust des Geruchs und Geschmacks, und Verminderung des Gehörs derselben Seite; die Anästhesie ist gerade von der Mittellinie begrenzt; beträchtliche Schwäche in der linken, vollkommene Lähmung in der rechten unteren Extremität. Die Kranke hütet seit fünf Monaten das Bett; das Glüheisen und Vesicantien im Rücken vollkommen erfolglos. Duchenne faradisirte nur die Haut der unteren und der oberen linken Extremität, nach wenigen Secunden schon verspürte die Kranke ein lebhaftes Brennen, und einige Minuten nachher war sie vollkommen frei zu gehen im Stande. Unmittelbar zuvor faradisirte Duchenne die Mus-

*) Dass das Vorhandensein der willkürlichen Bewegungsfähigkeit in einem Muskel nicht nothwendig auch dessen elektrische Erregungsfähigkeit bedingt, haben wir bereits gesehen (siehe S. 207).

keln, die sich unter dem Einflusse des elektrischen Stromes kräftig contrahirten, was nicht die geringste Besserung veranlasste. Diese auffallend rasche Besserung oder Heilung war also lediglich der Wirkung der cutanen Faradisation zuzuschreiben. Die Kranke verliess fünf Tage nachher vollkommen geheilt das Spital.

Duchenne hat eine grosse Anzahl von hysterischen Lähmungen durch die Faradisation geheilt, von circa hundert Fällen, die er behandelte, ungefähr die Hälfte, und glaubt ein noch besseres Resultat erhalten zu können, wenn er nicht, wie das meist der Fall ist, nur verzweifelte Fälle, die schon allen Medicationen Trotz geboten, zur Behandlung bekommen hätte. Es wäre zu wünschen, sagt er bei dieser Gelegenheit, dass man der Elektricität den ihr gebührenden Rang unter den Heilmitteln überhaupt anweisen würde, und sie nicht als ultima spes ansähe, wo sie oft in erster Reihe gewürdigt zu werden verdient. Dieser Wunsch Duchenne's ist wohl zum Theil schon in Erfüllung gegangen.

7) Idiopatische Lähmung der Kinder.

Die überwiegende Anzahl der unter diesem Namen aufgeführten Lähmungen sind sicherlich nicht idiopatischer Natur, sondern verdanken ihr Entstehen einem oder dem anderen Einflusse, der auch bei Erwachsenen Lähmungen erzeugt, wie z. B. einem rheumatischen, einem traumatischen Einflusse etc. So sind höchst wahrscheinlich alle plötzlich entstehenden Fälle von Lähmungen, wo das Kind Tags zuvor noch vollkommen wohl war, höchstens gegen Abend etwas Fieber bekam, und am anderen Morgen mit einer Lähmung des Armes oder des Fusses erwachte, einer rheumatischen Ursache zuzuschreiben. Bouchut giebt an (dessen Handbuch der Kinderkrankheiten von Bischoff, S. 188), dass drei von ihm beobachtete Fälle keinen anderen Grund der Entstehung gehabt haben. Kennedy schreibt ihr Entstehen einer Gewohnheit zu, die Kinder in ungünstiger Lage zu betten und glaubt, dass der Druck eines Gliedes durch das Gewicht des Körpers im Schlafe hinreiche, dasselbe zu lähmen. West ist der Ansicht, dass solche Lähmungen, wenn sie wirklich idiopatischer Natur sind, sich auf einen Fehler erster Bildung zurückführen lassen. Der Umstand, dass dieses Leiden sich meistens in den ersten Lebens-

jahren der Kinder entwickelt, in der Zeit der Dentition, veranlasst manche Autoren, es mit diesem Umstande in Zusammenhang zu bringen, und sein Auftreten für die Folge einer Störung dieses Vorganges zu halten — ob mit Recht oder Unrecht, wollen wir dahingestellt sein lassen, doch bei der herrschenden Sitte vieler Aerzte, den Grund zu den meisten Erkrankungen der Kinder in den ersten Lebensjahren in einer gestörten Dentition zu suchen, möchte ich beinahe glauben, dass auch bei diesem Leiden der Zahnperiode etwas zur Last gelegt wird, was sie nicht verschuldet hat.

Die Form, in der die Krankheit auftritt, ist eine sehr verschiedene, sie erscheint bald partiell, bald mehr allgemein, bald hemiplegisch oder paraplegisch, sowohl vollkommen als unvollkommen. Eine Anzahl dieser Lähmungen, wenn sie rasch und partiell auftreten, heilen nach einem Bestande von einigen Wochen meist von selbst, während man auch wieder viele beobachtet hat, bei denen die Muskeln rasch atrophiren und fettig entarten, wobei dann nicht selten Knochenverkrümmungen, überhaupt Missbildungen in den Gelenken erzeugt werden. Ebenso verschieden wurde auch das Verhalten der Muskeln gegen die Einwirkung elektrischer Ströme befunden, die elektrische Reizbarkeit derselben ist je nach der Natur und dem Grade der Lähmung bald erhalten, bald mehr oder minder herabgesetzt.

Was die faradische Behandlung anbelangt, so ist wohl immer gerathen, wenigstens einen Versuch zu machen, wobei sich aber von selbst versteht, dass eine sorgfältige Ermittelung der ätiologischen Momente und eine Berücksichtigung derselben bei der Behandlung nicht zu übersehen ist. Bei beginnender Atrophie der Muskeln wird die Faradisation in den meisten Fällen diese nicht nur aufzuhalten im Stande sein, sondern sie wird auch die Lähmungserscheinungen beseitigen und den Muskel auf sein natürliches Volumen wieder zurückführen. Zweifelhafter ist der Erfolg bei sehr weit fortgeschrittenem Leiden, wenn die Muskeln bereits zu entarten beginnen oder bereits Knochenverkrümmungen vorhanden sind. Da die Muskeln meist sehr rasch atrophiren, so ist es besser, stets zur Faradisation seine Zuflucht zu nehmen, als, selbst bei leichteren Fällen, auf Naturheilung zu warten, man wird so in den mei-

sten Fällen einem weiteren Fortschreiten des Leidens Einhalt thun und dasselbe bei seinem Entstehen beseitigen können.

Duchenne erwähnt einen sehr verzweifelten Fall der Art bei einem Kinde von acht Jahren, bei welchem die Lähmung seit sieben Jahren bestand; vollkommene Atrophie des M. deltoideus, pectoralis und latiss. dorsi, auch die Muskeln des Oberarmes sind fast völlig verschwunden. Nach etwa einjähriger Behandlung haben alle Muskeln bedeutend an Umfang zugenommen, nur der vordere Theil des M. deltoideus fehlt noch, auch die entsprechenden Bewegungen des Armes und der Schulter stellen sich wieder ein. Duchenne rechnet bei fortgesetzter Behandlung auf vollkommene Heilung (l. c. S. 866). Dieser Fall beweist, dass man auch bei sehr fortgeschrittenen Lähmungen der Art mit bedeutender Muskelatrophie nie an einem Erfolge gänzlich verzweifeln darf, indem auch hier bei gehöriger Umsicht und Ausdauer von Seite des Arztes immerhin noch schöne Resultate erzielt werden können.

Einen leichteren Fall von idiopatischer Muskellähmung, Guly's Hospital Reports entnommen, theilt M. Meier mit.

A. E., ein zartes Kind mit hellem Haar und blauen Augen, ein Jahr alt, bekam innerhalb sechs Wochen ohne bemerkbare Störung des Allgemeinbefindens vier obere und zwei untere Schneidezähne; seit acht Tagen leichtes Fieber mit Diarrhoe. Nach einer schlaflosen Nacht hing der Arm des Kindes schlaff herab, die Schulterblattmuskeln hatten ihren Tonus eingebüsst; Unfähigkeit den Arm zu heben; die Muskeln fangen an zu atrophiren; Zeichen von Reizung des Zahnfleisches fehlen. Nach einer leichten elektrischen Kur von sechs bis acht Wochen: Heilung.

8) Progressive Muskelatrophie.

Seitdem Duchenne durch seine im Jahre 1849 erschienene Arbeit: „Mémoire sur l'atrophie etc." (l. c. S. 813), die Aufmerksamkeit der Pathologen auf diese Krankheit gelenkt hat, sind viele Beobachtungen hierüber bekannt geworden, welche beweisen, dass dieselbe keineswegs so selten ist, als man im Anfange annehmen zu müssen glaubte. Ausser Duchenne sind es besonders Cruveilhier*), Aran**),

*) Bulletin de l'Académie de médicine. Paris 1853. T. 18, p. 490.
**) Archives générales de Méd. 1850. p. 5 u. p. 172.

Touvenet*), M. Meier**), Oppenheimer***) u. a. m., welche Beobachtungen hierüber anstellten und bekannt machten. So übereinstimmend die Beobachtungen in Betreff der äusseren Merkmale und Symptome der Krankheit sind, so sehr weichen die Ansichten über das Wesen derselben auseinander. Daher kommt es auch, dass die einzelnen Autoren verschiedene Namen für dieselbe in Vorschlag brachten. So nennt Duchenne sie: Atrophie musculaire graisseuse progressive, indem er den Sitz der Krankheit vorherrschend in den Muskeln, und ihr Wesen in der fettigen Entartung derselben findet. Aran nennt sie: Atrophie musculaire progressiv, indem er ebenfalls, wie Duchenne, die Muskeln für den Sitz der Krankheit hält, ihr Wesen aber in dem Fortschreiten derselben sucht. Die Benennung Cruveilhier's: Paralysie musculaire atrophique, kommt von dessen Anschauungsweise, dass die Muskellähmung, bedingt durch Atrophie der vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven, das Wesen der Krankheit ausmache. Derselben Ansicht schliesst sich Touvenet an. Wenn wir nun die Ansichten der genannten Autoren zusammenstellen und vergleichen, so finden wir, dass dieselben nach zwei Hauptrichtungen auseinandergehen. Die Einen, welche das Wesen der Krankheit ausschliesslich in der fortschreitenden Atrophie und Entartung der Muskeln suchen, wie Duchenne, Aran, Oppenheimer u. s. w., während Cruveilhier und Touvenet die Muskelveränderung für einen secundären Process halten, bedingt durch eine krankhafte Veränderung im Centralorgane und beziehungsweise in den motorischen Nerven. Sämmtliche Ansichten sind durch pathologische Beobachtungen, zum Theil unbestreitbarer Art, constatirt. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt wohl zweifelsohne grossentheils in einer mangelhaften, nicht mit der gehörigen Umsicht angestellten Verwerthung des vorhandenen Materials, indem man aus dem objectiv Vorhandenen ein Krankheitsbild schuf, und die allenfallsigen Lücken in der Pathologie durch hypothetische, physiologische Schlüsse zu ergänzen suchte,

---

*) Gaz. des hôpitaux. 1851. Nro. 143 — 45.

**) L. c. S. 89.

***) Ueber progressive fettige Muskelentartung; eine Habilitationsschrift. Heidelberg 1855.

anderentheils auch darin, dass man Ungleichartiges, nämlich Krankheiten, welche zwar gemeinsame äussere Merkmale, aber eine Verschiedenheit in ihrer Ursache und in ihrem Wesen darbieten, als gleichartig zusammenstellte.

Die Krankheitsursache ist nach der Ansicht der meisten Autoren entweder eine erbliche Disposition in der Familie, in welchem Falle die Krankheit meist allgemein auftritt, oder sie ist die Folge einer rheumatischen Einwirkung, oder endlich einer allzuheftigen Muskelanstrengung, in welch letzteren Fällen sie meist örtlich begrenzt ist. Ob jedoch nicht auch hier eine Disposition angenommen werden muss, ist noch fraglich; ebenso ob dieses Leiden überhaupt hieher zu rechnen ist, da nicht selten zwei wesentliche Momente fehlen, nämlich das Fortschreiten der Atrophie und die fettige Entartung der atrophischen Muskeln.

Die elektrische Reizbarkeit ist nach Duchenne's Ansicht, der die Muskelatrophie für keine Lähmung, sondern lediglich für ein Leiden der Muskelernährung hält, meist nicht beeinträchtigt, und schwindet erst, wenn der Muskel selbst verschwunden oder in seiner Textur so verändert ist, dass von einer Function desselben keine Rede mehr sein kann. Ebenso verhält sich's auch mit der willkürlichen Bewegungsfähigkeit des Muskels, welche ebenfalls, so lange noch normale Muskelbündel vorhanden sind, auch nicht vollkommen erloschen ist, und deren Abnahme demnach mit dem Schwunde des Muskels gleichen Schritt hält. Die elektromuskuläre Sensibilität ist stets herabgesetzt; der Verlust derselben und das Auftreten von Muskelzittern, von unwillkürlichen Contractionen einzelner Muskelbündel bezeichnen meistens den Beginn der Krankheit. Die Sensibilität der Haut ist in manchen Fällen ungestört, in manchen aber auch herabgesetzt oder, wie in dem von mir beobachteten Falle (siehe unten), gänzlich erloschen.

Was die Prognose bei diesem Leiden anbelangt, so möchte man freilich glauben, dass die Bezeichnung „fortschreitend" hinlänglich sage, was man zu erwarten habe. Doch ist dem nicht immer so, indem es nicht selten gelingt, das Leiden zum Stillstande zu bringen und zu heilen; dies gelingt fast in allen Fällen, wo die Atrophie noch nicht zu weit fortgeschritten ist und local auftritt. Ist die Atrophie aber allgemein verbreitet,

ist sie hochgradig, bereits Fettmetamorphose eingetreten, so ist wohl jede Therapie erfolglos und kein Mittel im Stande, das Fortschreiten der Krankheiten und den traurigen Ausgang, nämlich den Tod in Folge der Lähmung der respiratorischen Thätigkeit, aufzuhalten. — Eine erbliche Anlage oder spontanes Auftreten mit allgemeiner Verbreitung der Atrophie trübt die Prognose in allen Fällen; günstiger scheint sich dieselbe und in specie für die Faradisation zu gestalten, wenn Ueberanstrengung der Muskeln oder ein rheumatischer Einfluss als die Ursache des Leidens zu betrachten sind.

Die Behandlung der progressiven Muskelatrophie mittelst der Faradisation erfordert meist sehr kräftiger Ströme, für deren jedesmalige Intensität der Zustand der elektro-muskulären Contractilität und Sensibilität entscheidet. Leidet auch die Sensibilität der Haut, so beginnt man die Behandlung am besten mit der cutanen Faradisation, und setzt dieselbe gleichzeitig mit der Muskelfaradisation so lange fort, bis die normale Empfindung in der Haut wieder zurückgekehrt, was fast immer in wenigen Wochen erreicht wird. Der nachstehende, von mir beobachtete Fall giebt ein Bild von einer localen Muskelatrophie überhaupt, und zeigt zugleich, in welcher Reihenfolge die Rückkehr zum Normalzustande in den einzelnen Gebilden statthat.

Joh. Adler, 17 Jahr alt, Klempnergesell, von gesundem Aussehen, keine erbliche Anlage nachweisbar, bemerkte vor zwei Jahren eine Abnahme von Kraft in den Fingern der linken Hand, besonders im Daumen und Zeigefinger, wenn er einen Gegenstand damit festhielt. Dieser Zustand nahm innerhalb der zwei Jahre mehr und mehr überhand, und beeinträchtigte die Function der Finger dergestalt, dass er zum Festhalten eines Körpers sich immer der ganzen Hand bedienen musste; zugleich giebt Patient an, in der linken Hand und dem Vorderarme seit seiner frühesten Kindheit, so lange er sich erinnere, nie ein Gefühl gehabt zu haben. Als ich ihn im Februar d. J. zur Behandlung bekam, fand ich dessen Hand in folgendem Zustande: Die linke Hand bietet auf den ersten Anblick ausser dem Mangel sichtbarer Hautvenen, der sich auch zum Theil auf den Vorderarm erstreckt, keine andere auffallende Veränderung dar, bei genauer Betrachtung zeigte sich, dass die Stelle des M. abductor dig. indicis statt gewölbt, abgeplattet war, ebenso zeigte sich bei abducirtem Daumen die Muskelmasse zwischen diesem und dem Metacarpalknochen des Zeigefingers auffallend verdünnt. Das Anlegen des Zeigefingers an den Daumen in der Art, wie man eine Feder hält, ist unmöglich, eine Berührung der beiden Finger kann nur an den Spitzen stattfinden; das Berühren des Daumens mit den drei letzten Fingern gleichfalls erschwert. Bei einem Versuche der Berührung der genannten Finger das Gefühl, als ob der Daumen zu

kurz wäre, mit Spannung auf der Flexorenseite des Handgelenks. Diese Functionsbeeinträchtigung der Finger ist bedingt durch den fast völligen Mangel des M. abductor dig. ind. und die beträchtliche Atrophie des M. adductor pollicis. Die elektrische Contractilität und Sensibilität ist in sämmtlichen M. M. interosseis, besonders in denen des Mittel- und Zeigefingers, beträchtlich herabgesetzt; bei der Faradisation des M. abduct. dig. ind. erfolgt ausser einem unregelmässigen Zittern des Fingers gar keine Bewegung, ein Beweis, dass der genannte Muskel bis auf wenige Fasern verschwunden ist. Der M. adduct. poll. contrahirt sich zwar, jedoch träge und unvollständig, was durch die beträchtliche Atrophie desselben sich erklärt. Die Sensibilität der Haut ist von dem Ellenbogengelenke bis zu den ersten Phalangen der Finger vollständig erloschen, weder die stärksten Ströme, noch Nadelstiche, noch Brennen mit einer glühend gemachten Nadel wird empfunden. Die Behandlung bestand in einer starken Faradisation der anästhetischen Hautstellen der erkrankten Muskeln. Nach sechswöchentlicher, täglich wiederholter Faradisation hatte die Haut ihre Empfindlichkeit an allen Stellen fast normal wieder erlangt, zugleich traten die Hautvenen auf dem Handrücken sehr deutlich hervor. Gegenwärtig, nach zwei Monaten, contrahiren sich die Muskeln viel präciser auf die Einwirkung des elektrischen Stromes, auch die willkürliche Bewegung derselben ist eine bessere geworden, der Adductor poll. hat an Umfang und Contractilität gewonnen, nur der Abductor dig. ind. reagirt noch immer schwach, und es ist wohl kaum zu zweifeln, dass bei fortgesetzter Behandlung eine vollständige Heilung erzielt werden wird.

Es ist in diesem Falle wohl kaum zu bezweifeln, was die nächste Veranlassung zur Muskelatrophie war. Schon aus anatomisch-physiologischen Gründen, da gerade diejenigen Muskeln die am meisten erkrankten sind, die beim Festhalten eines flachen Körpers, eines Stückes Blech am meisten betheiligt sind, ist ersichtlich, dass das Leiden durch übermässige Action dieser Muskeln veranlasst worden war. Ferner sprach dafür die Art und Weise der Handhabung des Bleches bei seiner Bearbeitung, der Mangel eines jeden anderen Nachweises der Entstehungsursache der Atrophie, und endlich das locale Auftreten derselben. Schwieriger aber möchte die Beantwortung einer anderen Frage sein, nämlich, in welchem Zusammenhange die seit Jahren vorhandene Hautanästhesie mit der Muskelatrophie steht. Ist jene nun eine zufällige Complication, oder können wir einen causalen Zusammenhang zwischen ihr und dem Muskelleiden annehmen? Ich möchte mich aus Wahrscheinlichkeitsgründen für das Letztere entscheiden, denn erstens müssen wir doch auch bei derartigen Muskelatrophien eine gegebene Disposition zur Atrophie annehmen, indem es sonst nicht ersichtlich wäre, warum diese Krankheit bei der

arbeitenden Classe nicht noch ungleich häufiger vorkommt, als dies wirklich der Fall ist. Fürs Zweite erwähnt Virchow einen Fall von Muskelatrophie, wo ausser grauer Erweichung der hinteren Rückenmarksstränge, denen bekanntlich das Vermitteln der Empfindung zukommt, nichts Erhebliches in der Leiche aufzufinden war.

Einen zweiten Fall von progressiver Muskelatrophie beobachtete ich im Sommer v. J. bei einem jungen Menschen von 19 Jahren, Namens Piele, mit etwas stupidem Gesichtsausdrucke, bei welchem höchst wahrscheinlich eine erbliche Anlage zu Grunde liegt. Dessen Mutter befindet sich seit mehreren Jahren geisteskrank in der Irrenanstalt zu Erlangen. Die Atrophie begann an der rechten Hand vor circa sechs Jahren und hat innerhalb dieser Zeit einen hohen Grad erreicht. Die Muskeln des Daumenballens und des Ballens am kleinen Finger sind vollkommen verschwunden, die M. M. interossei dorsales et volares und die Flexoren der Hand und Finger bedeutend atrophisch und wohl grösstentheils degenerirt, da auf die Einwirkung eines äusserst intensiven faradischen Stromes nur ein leises Fibriren in derselben entsteht; wohl aber folgt der Erregung der Flexoren durch Uebertreten des Stromes auf die Muskeln der hinteren Fläche des Vorderarmes heftige Action der Extensoren der Finger und der Hand, welche Muskeln durch das Uebergewicht über ihre gelähmten Antagonisten die Hand und Finger in permanenter übermässiger Extension erhalten, so dass die Dorsalfläche der Hand beinahe unter einem rechten Winkel zum Vorderarm geneigt ist. Der Mangel der Abductoren des Daumens veranlasst dessen parallele Stellung mit dem Zeigefinger und giebt der Hand etwas affenähnliches. Die Muskeln des Oberarmes und der Schulter sind ebenfalls beträchtlich abgemagert, ohne jedoch in ihrer Function beeinträchtigt zu sein. Die Haut an der Hand und der vorderen Fläche des Vorderarmes ist vollkommen unempfindlich; Patient kam vor 1½ Jahren dem heissen Ofen zu nahe, und hat sich, ohne es zu fühlen, eine bedeutende Brandwunde am Ellenbogengelenke zugezogen; die Haut fühlt sich trocken, lederartig an; Hautvenen nirgends sichtbar. Vor etwa zwei Jahren begann das Leiden auch an der linken Hand, woselbst es jedoch zur Zeit noch nicht in dem Grade entwickelt ist, wie rechterseits, doch ist auch hier die Hautempfindung an manchen Stellen, besonders in der Vola manus, schon gänzlich erloschen.

Der vorliegende Fall, ein Seitenstück zu dem vorigen, scheint das noch mehr zu bestätigen, was ich über den Zusammenhang der Hautanästhesie mit der Muskelatrophie oben erwähnte, und dürfte seiner Zeit durch die Autopsie Gelegenheit geben, die ausgesprochene Vermuthung über ein Erkranken der hinteren Rückenmarksstränge bei allgemeinen Atrophien zu bestätigen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die sensitiven Nerven überhaupt einen wichtigeren Einfluss auf den Er-

nährungsvorgang äussern, als man aus physiologischen und pathologischen Beobachtungen bis jetzt schliessen zu müssen glaubte.

Wir kommen nun mit Benutzung des Vorerwähnten über die Muskelatrophie zu folgenden allgemeinen Schlüssen: 1) Die Muskelatrophie mit nachfolgender fettiger Entartung tritt häufig in Folge einer erblichen Disposition auf und verbreitet sich dann allmälig über den ganzen Körper — ebenso häufig aber sehen wir sie nach zu heftiger Ueberanstrengung oder nach rheumatischen Einflüssen entstehen mit localem Auftreten. 2) Die von Cruveilhier und Anderen beobachteten Veränderungen in den Rückenmarkswurzeln der Nerven scheinen nur bei allgemeiner Muskelatrophie vorzukommen, vorherrschend in solchen Fällen, wo eine erbliche Anlage nachweisbar ist. 3) Eine grosse Anzahl von Muskelatrophien, besonders solche, die aus Ueberanstrengung entstehen und meist local auftreten, setzen kein Erkranken der Nervenwurzeln voraus und sind keine Lähmungen, sondern reine Muskelkrankheiten, wobei Lähmungserscheinungen erst bei vollkommenem Schwunde des Muskels sich einstellen. 4) Zur faradischen Behandlung eignen sich nur die letzteren, so lange der Muskel noch nicht völlig verschwunden oder degenerirt ist, wobei es in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle gelingt, die Atrophie und die Functionsstörung der Muskeln wieder zu beseitigen.

9) Lähmungen im Bereiche der Blase und des Mastdarmes.

Störungen in der Function der Blase treten selten für sich auf, sondern sind meistens mit Lähmungen anderer Körpertheile complicirt, besonders ist dies bei der Dysurie der Fall, welche häufig im Gefolge von spinaler und hysterischer Paraplegie vorkommt. Jedoch kann auch hier aus einem Unvermögen, den Harn zu lassen, oder aus einer vorhandenen Anstrengung beim Entleeren der Blase nicht immer auf eine Lähmung der Muskelfasern der Blase geschlossen werden, indem die Dysurie auch durch Lähmung oder mangelnde Energie der Bauchmuskeln veranlasst werden kann; es ist dies besonders dann häufig der Fall, wenn sie im Gefolge von Para-

plegien auftritt. Dass hiebei auch die Behandlung eine verschiedene sein muss, versteht sich von selbst. Ist die Ursache des Leidens in den Bauchmuskeln zu suchen, so wird eine mässig starke Faradisation dieser Muskeln die Dysurie leicht zu beseitigen vermögen, welches Verfahren bei einer wirklichen Lähmung des Blasenkörpers begreiflicherweise erfolglos sein würde. Als diagnostisches Mittel dient hier der Katheder. Fliesst der Harn durch den Katheder in kräftigem Strahle ab, so kann man sicher sein, dass man es mit einer Erkrankung der Bauchwandungen zu thun hat, und dass die Function der Blase selbst ungestört ist. Duchenne sah die Dysurie auch als unmittelbare Folge von Lähmungen des Zwerchfelles entstehen, welche natürlich mit der Beseitigung dieser wieder verschwand (l. c. S. 760).

Die Behandlung besteht in dem bei der Faradisation der Blase S. 167 angegebenen Verfahren, wobei man, wie dort erwähnt, in den meisten Fällen mit dem Einführen eines Leitungsdrahtes in die Blase ausreichen wird. Bei der geringen Empfindlichkeit des Blasenkörpers (den Blasenhals fand ich weit empfindlicher) bedarf es aber immerhin eines starken Stromes, der an einer anderen Körperstelle nicht wohl ertragen werden könnte. Hier bedient man sich mit Vortheil der Vergrösserung des Querschnittes der anderen an der äusseren Seite der Bauchdecken angesetzten Elektrode, welche Manipulation einen doppelten Vortheil gewährt, indem hiedurch einerseits die Wirkung des in der Blase befindlichen Stromgebers noch verstärkt wird, während andererseits die Wirkung der anderen Elektrode um ein Bedeutendes verringert wird. Ich bediene mich zum Anlegen an die Bauchwandung oberhalb der Symphise der Schambeine einer Messingplatte von 5 bis 6 Quadratzoll Oberfläche, und erhalte auf diese Weise eine vollkommene und schmerzlose Contraction der Blase. Die Abbildung der Blasensonde siehe Fig. 7. Dasselbe Instrument ist auch zu verwenden bei Lähmung des Schliessmuskels der Blase, bei Enuresis, wobei man den Knopf der Sonde bis an die genannte Stelle in die Harnröhre einführt und einen mässigen Strom darauf einwirken lässt. Die Faradisation des Schliessmuskels des Afters geschieht entweder mittelst der gewöhnlichen feuchten Elektroden, die man beiderseits äusser-

lich ansetzt, oder einer olivenförmig geknöpften Sonde, die man in den After einführt.

C. Hyperästhesien.

Neuralgien.

Das Wesen der Neuralgien besteht in krankhaft erhöhter Erregung und Erregbarkeit des peripherischen sensibeln Nerven unter der Empfindung von Schmerz, Zucken, Kribbeln etc. Wir begegnen hier derselben Frage wieder, die uns bei der elektrischen Behandlung der Krämpfe bereits aufgestossen ist, nämlich, wie sich die Wirkung des elektrischen Stromes, welche wir als die eines Reizmittels kennen gelernt haben, bei erhöhter Nervenerregung erklären lässt. Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass ein in der Ruhe einer Neuralgie applicirter Hautreiz diese zu heben vermag. Hierauf beruht die Heilung von Neuralgien durch Vesicantien, Synapismen, durch das Glüheisen etc. Bei der Eigenschaft inducirter Ströme in der Form des elektrischen Pinsels einen heftigen Hautreiz hervorzurufen, ist es nicht befremdend, dass auch der elektrische Strom bei der Behandlung von Neuralgien mit Erfolg zu verwenden ist. In der That sehen wir auch oft die intensivsten neuralgischen Schmerzen durch die cutane Faradisation in wenigen Minuten vollkommen verschwinden. Der elektrische Strom wirkt hier zweifelsohne ebenso, wie die oben genannten Mittel, nämlich auf antagonistischem Wege, durch Uebertragung der Erregung auf andere Nervenbahnen. Da diese aber stärker sein muss als die vorhandene krankhafte Erregung, so versteht sich von selbst, dass der elektrische Strom nicht zu schwach sein darf, um jene zu paralysiren. Die Wirkung des elektrischen Stromes wäre also hier eine indirecte, wobei der erkrankte Nerv selbst nicht von dem elektrischen Strome getroffen, sondern auf reflectorischem Wege eine Veränderung seines Erregungszustandes herbeigeführt wird. Nicht selten aber sehen wir auch bei directer Einwirkung des elektrischen Stromes auf den leidenden Nerven neuralgische Schmerzen verschwinden, wie bei jenen Lähmungen motorischer Nerven,

welche meist mit Neuralgien complicirt sind, wie bei rheumatischen und traumatischen Lähmungen, wo jene unter dem Einflusse der Muskelfaradisation meist nach wenigen Tagen verschwinden. Hier trifft der Strom direct auf den in gesteigerter Erregung befindlichen Nerven, und dessen ungeachtet beseitigt die elektrische Erregung die Neuralgie. In anderen Fällen aber wird der Schmerz durch directe Einwirkung des Stromes auf den leidenden Nerven nicht selten gesteigert. So beobachtete ich bei einer rheumatischen Neuralgie der Occipitalnerven nach der Application eines sehr schwachen Stromes mittelst feuchter Stromgeber eine heftige, zehn Stunden währende Zunahme des Schmerzes, was nicht mehr der Fall war, nachdem ich Tags darauf die cutane Faradisation auf die völlig trockene Haut vornahm. Der Grund dieser Erscheinung kann bei der vollkommenen Verschiedenheit der Wirkung dieser beiden Manipulationen auch nur in einer zur Zeit noch nicht aufgeklärten Verschiedenheit pathologisch-anatomischer Zustände beruhen, wodurch es geschehen kann, dass in anscheinend gleichen Fällen verschiedene Indicationen gegeben werden.

Die Prognose für die Faradisation ist im Allgemeinen eine sehr günstige zu nennen, vorausgesetzt, dass die Neuralgie nicht durch ein Leiden der Centralorgane, durch irgend ein organisches Leiden oder durch Caries etc. bedingt ist, und auch hier vermag die Faradisation, in entsprechender Weise angewandt, wenigstens vorübergehende Linderung der Schmerzen zu verschaffen, so dass der Ausspruch gerechtfertigt erscheint, dass der elektrische Strom einen erhöhten Erregungszustand eines sensibeln Nerven in allen Fällen wenigstens zeitweise zu beschwichtigen, in sehr vielen Fällen vollkommen zu beseitigen vermag. Besonders günstig gestaltet sich die Prognose bei rein rheumatischen Neuralgien, bei dem gleichzeitigen Vorhandensein von Exsudationen in der Haut oder im Unterhautzellgewebe werden diese unter dem Einflusse des elektrischen Stromes meist rasch resorbirt, und mit ihnen verschwindet auch die Neuralgie. Vorzüglichen Erfolg erzielt die Faradisation bei der Neuralgie des N. ischiadicus selbst in veralteten Fällen, bei denen alle üblichen Medicationen bereits erfolglos in Anwendung gebracht wurden,

Es wäre sehr zu wünschen, dass die Faradisation in der Therapie der Neuralgien, die sich überhaupt zur elektrischen Behandlung eignen, und die Anzahl derer ist sehr gross, nicht, wie es gewöhnlich geschieht, den letzten Platz einnähme, nicht als ultima spes diente, wenn schon die ganze Materia medica sich erschöpft hat und das Leiden bereits in ein Stadium getreten ist, wo die Prognose im Allgemeinen schon ungünstiger sich gestaltet. Die Faradisation ist sehr häufig und besonders in den genannten Fällen von überraschendem Erfolge begleitet, und es gebührt ihr daher in der Therapie derselben auch der erste Rang.

Was die Art der Behandlung anbelangt, wovon wir, wie erwähnt, zwei besitzen, so lassen sich ganz bestimmte Normen hiefür nicht angeben, doch verdient im Allgemeinen die cutane Faradisation mit Metallpinseln (Abbildung Fig. 2 u. 3) vor der mit feuchten Elektroden den Vorzug, da sie in den meisten Fällen viel rascher und sicherer zum Ziele führt. Sie ist besonders da vorzunehmen, wo der erkrankte Nerv, mehr oberflächlich gelegen, ein rein sensitiver ist. Unbedingt verdient sie den Vorzug bei Neuralgien der Schädeldecke, wobei mit feuchten Elektroden, welche den Strom in die Tiefe leiten, leicht eine Verschlimmerung, in allen Fällen mehr minder heftige Schmerzen erzeugt werden, wie ich in dem vorhin erwähnten Falle auf das Schlagendste mich überzeugte. Ist der Sitz der Neuralgie aber ein gemischter Nerv, sind zu gleicher Zeit Lähmungserscheinungen, Störungen der Ernährung vorhanden, also auch bei Neuralgien auf anämischem Boden, so ist die Anwendung der feuchten Elektroden indicirt, doch kommen, wie gesagt, Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel vor, indem bald das eine, bald das andere Verfahren sich als nützlicher erweist.

Die Faradisation ist zulässig sowohl bei acuten wie bei chronischen Neuralgien, nur ist hiebei zu beachten, dass in solchen Fällen, wo der Verdacht einer Entzündung in den Nervenscheiden oder in den Sehnenhüllen vorhanden ist, wie in manchen Fällen von sogenanntem acuten Muskelrheumatismus, die feuchten Stromgeber contraindicirt sind, wobei jedoch eine vorsichtig localisirte Hautfaradisation mittelst der Pinsel die erspriesslichsten Dienste leistet. Es ist daher in zweifelhaften Fällen gerathen, stets die cutane Faradisation vorzu-

nehmen, welche nicht nur nie schadet, sondern meistens sogar von überraschendem Erfolge begleitet ist. Wenige Sitzungen, oft schon eine einzige, genügen, die hartnäckigsten neuralgischen Schmerzen zu beseitigen, selbst solche, die bei einem jahrelangen Bestehen mit Schröpfköpfen, Synapismen, Vesikantien, Dampfbädern etc. erfolglos behandelt wurden.

Der Tischlermeister H. von hier, ein angehender Vierziger, von kräftigem Körperbau, leidet seit einem Jahre an rheumatischen Schmerzen in der linken Schulter und dem Oberarme, welche, besonders zur Nachtzeit und bei stürmischem Wetter auch bei Tage, an Heftigkeit zunahmen und ihn im Arbeiten hinderten. Nach der Application von Vesikantien hatten sich diese Schmerzen allmälig verloren, kamen jedoch nach einer Erkältung, welche er sich durch Arbeiten in Hemdärmeln bei offenen Fenstern und Thüren im Februar d. J. zuzog, in der darauf folgenden Nacht mit erneueter Heftigkeit wieder. Patient war in Folge der Schmerzen unfähig, den Arm zu bewegen und vom Körper zu entfernen. Diognose: Rheumatische Affection in dem Muskelgebiete des N. axillaris. Fortgesetztes Cataplasmiren hatte im Verlaufe von drei Tagen einen kleinen Nachlass der Schmerzen zur Folge; dieselben waren jedoch immer noch so heftig, dass er nicht im Stande war, den Arm zu heben oder irgend eine Bewegung damit zu vollführen. Am achten Tage schritt ich zur Anwendung der Faradisation, indem ich einen intensiven Strom auf die Haut, unmittelbar über der Ansatzstelle des M. deltoideus am Humerus, während einer Minute einwirken liess. Die Schmerzen waren sofort verschwunden, Patient konnte seinen Arm ungehindert nach allen Richtungen bewegen und führte alle diese Bewegungen, wiewohl etwas ängstlich, da er meinte, die Schmerzen müssten bei der Bewegung wiederkommen, doch vollkommen schmerzlos aus. Die darauf folgende Nacht war zum ersten Male seit acht Tagen vollkommen schmerzfrei, in der nächstfolgenden Nacht stellten sich die Schmerzen in leichterem Grade wieder ein, wichen aber dann einer nochmaligen Faradisation vollständig. Es sind seit dieser Zeit sechs Wochen verflossen, ohne dass sich eine Spur des Leidens wieder gezeigt hätte.

M. Meier veröffentlichte vor Kurzem in der deutschen Klinik 1857 Nro. 9 in einer sehr instructiven Abhandlung, worin er sich Eingangs über die mangelhafte Therapie der Neuralgien im Allgemeinen verbreitet, neun Fälle von auf diese Weise behandelten und geheilten Neuralgien verschiedener Art, wovon ich einen, eine Neuralgia ulnaris, hier folgen lasse.

G. Lehnhardt, Schmied, 23 Jahre, kleiner Statur, anscheinend nicht sehr kräftig, bekam wahrscheinlich in Folge sehr angestrengter Arbeit, einen Schmerz, der sich von der Furche zwischen dem Condyl. extern. und dem Olecranon des rechten Armes nach dem inneren Umfange des Ellenbogengelenkes erstreckte, und besonders bei der Drehung des Armes nach aussen in den Vorderarm, den kleinen und Ringfinger ausstrahlte. Die Schmerzen, bei Tag und in der Ruhe geringer, nahmen bei Nacht

und in der Bewegung an Heftigkeit zu, und nöthigten den Patienten endlich, seine Arbeit einzustellen. Vierzehn Tage später kam er in des Genannten Behandlung; ein Druck auf die genannte Furche war dem Kranken rechterseits viel empfindlicher als linkerseits; Anästhesie war nicht vorhanden. Bereits nach einmaliger kräftiger Anwendung des elektrischen Pinsels durch Ueberspringen von Funken in der Nähe der schmerzhaften Stelle war der Schmerz verschwunden und es blieb nur ein Gefühl von Anspannung in den Weichtheilen des Ellenbogengelenkes zurück, welches sich ohne weitere Anwendung der Elektricität durch Einreiben mit warmem Oel in wenigen Tagen vollständig verlor.

Vorzügliche Erfolge sah Meier von der Anwendung der Elektricität auch bei der oft so hartnäckigen Neuralgie des Trigeminus, wovon er drei Fälle auf diese Weise in wenigen Sitzungen vollkommen heilte. In diesen drei Fällen trat unmittelbar nach der ersten Anwendung eine heftige Steigerung der Schmerzen ein, dessenungeachtet brachten die nächsten zwei oder drei Sitzungen vollständige Heilung. Eine solche vorübergehende Zunahme der neuralgischen Erscheinungen beobachtete ich ebenfalls bei einem Patienten, der an einer rheumatischen Neuralgie der N. N. occipitales und cervicales litt. Derselbe wurde durch diesen Umstand, trotz eines geringen Nachlasses, der sich in den nächsten Tagen einstellte, von der Fortsetzung der Behandlung abgeschreckt, und konnte sich ungeachtet meines Zuredens zur Wiederaufnahme der Behandlung bis jetzt nicht entschliessen. Der ganze Nacken war mit Haut- und Zellgewebsschwielen bedeckt, wovon einige nach der ersten Application schon verschwunden waren. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass die fortgesetzte cutane Faradisation mit den Schwielen auch die Schmerzen beseitigt hätte, und glaube, dass die rasch eingeleitete Resorption des Exsudates als ein sehr günstiges Zeichen, andererseits aber auch als die Ursache der vorübergehenden Steigerung der Schmerzen zu betrachten ist.

D. Anästhesien.

Wenn wir in dem vorhergehenden Capitel in der Behandlung der Neuralgien einer indirecten Wirkung der Faradisation begegneten so sehen wir dieselbe hier, wo es sich um Wieder-

erweckung der gesunkenen Nerventhätigkeit handelt, ihre directe Wirkung als Reizmittel im vollsten Maasse entfalten. Was wir für die Therapie der Lähmungen durch die Faradisation im Allgemeinen erwähnten, gilt auch für die Anästhesien, nämlich, wo die Abnahme oder der Verlust der Thätigkeit des empfindenden Nerven nicht auf einer Degeneration in den Centralorganen beruht, oder in aufgehobener Leitungsfähigkeit der Nervenfasern durch ein nicht zu beseitigendes Hinderniss, wie durch den Druck einer Geschwulst u. s. w., ist die Faradisation unfehlbar im Stande, das Leiden zu beseitigen, so bei peripherischen Anästhesien, welcher Art dieselben auch sein mögen.

1. Anästhesie der Haut.

Zur Wiedererweckung der normalen Empfindung auf anästhetischen Stellen der Haut bedient man sich ausschliesslich des elektrischen Pinsels. Die Stärke des Stromes richtet sich nach dem Grade der Abnahme der Sensibilität, sowie nach der Dicke und Beschaffenheit der Haut und der diese bedeckenden Epidermis. So wird man bei Anästhesie auf der Fusssohle stets eines stärkeren Stromes bedürfen, als im Gesichte, auf der inneren Fläche des Vorderarmes u. s. w. Aber selbst an den letztgenannten Stellen werden stärkere Ströme vertragen, wenn die Wirkung derselben auf die Haut möglichst localisirt bleibt. Um dies zu erreichen (siehe S. 166) muss die Haut im trockenen Zustande sein und die Stromgeber dürfen dieselbe nur ganz leise berühren, indem sonst ein Uebertreten der Ströme auf die tiefer liegenden besseren Leiter, auf die Muskeln, nicht vermieden werden kann. Einen sehr intensiven und am besten isolirt wirkenden Strom erhält man, wenn man den einen Pinsel oder statt dessen eine Metallplatte, wodurch des verringerten Widerstandes wegen die Stromstärke noch vergrössert wird, auf eine Stelle der Haut legt, während man einen zweiten Pinsel etwa eine halbe Linie von der Stelle entfernt hält, auf welche man einzuwirken beabsichtigt; es springen dann sofort Funken auf die Haut über, welche alle die an der citirten Stelle angegebenen Symptome einer elektrischen Hautreizung hervorrufen. Ich bediene mich fast ausschliesslich

des Fig. 2 abgebildeten Doppelpinsels, welcher mit den angegebenen Eigenschaften noch den nicht unwesentlichen Vortheil verbindet, dass er zu seiner Führung stets nur einer Hand bedarf und deshalb sicherer und leichter anzuwenden ist, indem man mit einer Hand viel leichter ein gleichmässigeres Aufsetzen der Pinsel erzielt, als mit beiden Händen. In leichteren Fällen fährt man mit dem Pinsel oberflächlich über die Haut hin, in schweren lässt man ihn einige Secunden, nach Umständen auch mehrere Minuten, darauf liegen. Dass der anzuwendende Strom ein secundärer sein, d. h. eine grosse Spannkraft besitzen muss, dass ferner die einzelnen Unterbrechungen sehr rasch sich folgen müssen, um die gewünschte Wirkung zu erhalten, geht aus dem über die Art der Vornahme der cutanen Faradisation Erwähnten hervor.

Als ein eclatantes Beispiel von der günstigen Wirkung der Faradisation bei Anästhesie der Haut dient der bei der Muskelatrophie abgehandelte Fall (Joh. Adler S. 233), wo eine schon in den ersten Lebensjahren zum Vorschein gekommene Anästhesie der Haut am linken Vorderarm durch die Faradisation gehoben wurde. Bei einem anderen Kranken, von dem ebenfalls schon Erwähnung geschah (Lämmermann S. 189), schwand ebenfalls die Anästhesie der Haut über den Extensoren der Hand und Finger rechterseits ziemlich rasch unter dem Einflusse der Faradisation, worauf eine auffallende Besserung in der elektrischen Contractilität, sowie überhaupt in der Beweglichkeit der zuvor vollständig gelähmten Muskeln eintrat. Wo zu Lähmungserscheinungen Störungen in der Sensibilität der Haut sich gesellen, ist es stets gerathen, entweder die cutane Faradisation vorauszuschicken, oder gleichzeitig mit der Faradisation der Muskeln anzufangen, da auf diese Weise nicht nur die Anästhesie beseitigt, sondern auch ein sehr günstiger Einfluss auf die elektrische und die willkürliche Contractilität der Muskeln ausgeübt wird.

Duchenne (l. c. S. 874) und M. Meier (l. c. S. 118) veröffentlichen eine grössere Anzahl von Anästhesien der Haut, welche alle verhältnissmässig sehr rasch dem Einflusse der Faradisation weichen. Ich selbst beobachtete ausser dem schon erwähnten Falle noch mehrere andere, so eine Anästhesie der Haut in der Lumbargegend bei Bühler (siehe S. 219),

welche, obwohl complicirt mit einer cerebralen Lähmung, doch in vierzehn Tagen vollständig beseitigt wurde; eine Anästhesie des N. ulnaris mit theilweisen Lähmungserscheinungen in dem Muskelgebiete des genannten Nerven bei einem Arbeiter in der Klett'schen Fabrik, Namens Sommer, welche aus Ueberanstrengung bei der Führung des Hammers entstanden war. Nach der dritten Sitzung hatte die Haut, die zuvor gegen Nadelstiche, selbst gegen Brennen mit glühender Kohle unempfindlich war, ihre normale Empfindlichkeit wieder erlangt. Ebenso waren die Lähmungserscheinungen lediglich durch die cutane Faradisation zugleich mit der Anästhesie der Haut vollkommen verschwunden.

Anästhesie der Haut im Bereiche der männlichen Geschlechtstheile ist häufig ein Symptom der Impotenz. In solchen Fällen vermag die Elektricität, resp. die cutane Faradisation, eine günstige Wirkung auf das Leiden auszuüben. Schulz in Wien macht in der Wiener medic. Wochenschrift Nr. 10, 1854 eine grössere Reihe von einschlägigen Fällen bekannt. Er faradisirt die peripherische Verbreitung der N. N. dorsales penis et scroti, also die Haut des Penis, der Eichel und des Scrotums, und auf diese Weise ist es ihm gelungen, mit der Hautanästhesie auch das Grundübel zu beseitigen. Dass man bei der Impotenz die Faradisation jedoch nicht unbedingt ohne genaue Erruirung der causalen Momente anwenden darf, versteht sich von selbst, und geht aus den verschiedenen Ursachen, welche dem Leiden zu Grunde liegen können und welche demnach auch eine verschiedene Behandlung erheischen, hervor.

2. Anästhesie der Muskeln.

Die sensibeln Fasern der motorischen Nerven vermitteln nicht nur die Wahrnehmung eines jeden auf den Muskel ausgeübten Eindruckes, sondern auch jener eigenthümlichen Empfindung von dem Zustande, in welchem der Muskel sich befindet, ob er in Bewegung und in welcher Bewegung er ergriffen, oder ob er in der Ruhelage verweilt. Romberg's Muskelgefühl (l. c. S. 269), Duchenne's conscience musculaire. Der Verlauf dieses Muskelgefühls oder die Muskelanästhesie, wie sie Romberg nennt, ist nicht selten ein begleitendes Symptom mancher Lähmungen, besonders der traumatischen, hysterischen,

der Bleilähmung etc. Der Mangel der elektromuskulären Sensibilität Duchenne's ist nichts anderes, als eine Muskelanästhesie, wobei die Kranken den auf den Muskel einwirkenden Reiz nicht empfinden. Weit seltener und eigenthümliche Erscheinungen darbietend sind jene Fälle, bei denen Mangel des Muskelgefühls ohne Lähmungserscheinungen auftritt. Die Kranken können in diesem Zustande ohne Zuhülfenahme des Gesichtes entweder gar keine Bewegung ausführen, oder sie machen dieselbe mit geschlossenen Augen unrichtig oft in entgegengesetzter Richtung, als man sie geheissen, und sind sich der Bewegung, die sie machten, nicht bewusst, so dass sie nach dem Oeffnen der Augen erstaunt sind, das bewegte Glied in anderer Richtung zu finden als in der, in welche sie es bringen wollten. Die Kranken sind mit geschlossenen Augen meist nicht im Stande zu stehen, wie Duchenne einen Fall mittheilt, da sie von dem Zustande ihrer Muskeln kein Bewusstsein haben. Romberg theilt eine von Bill gemachte Beobachtung an einem Kranken mit, der deutlich fühlte, wenn man die Finger seiner rechten Hand berührte, allein schloss man sie, während man ihn die Augen abwenden liess, so hatte er kein Bewusstsein von ihrer Stellung, so dass er bei der Extension aussagte, sie wären gebogen.

Die Muskelanästhesie kommt entweder mit Anästhesie der Haut verbunden vor, oder auch isolirt für sich. Die letztere ist nach Romberg's Beobachtungen die stete Begleiterin der Tabes dorsualis, und zwar nicht schon beim Beginne des Leidens, macht sich jedoch im Verlaufe der Krankheit viel bemerkbarer. Bei weiterem Fortschreiten des Leidens, wenn einmal Lähmungserscheinungen eingetreten sind, ist sie im höchsten Grade vorhanden, entzieht sich jedoch eben der Lähmung wegen oft der Beobachtung vollkommen, da ein seiner willkürlichen Bewegung beraubter Muskel die oben angegebenen Erscheinungen des mangelnden Muskelgefühles nicht darzubieten vermag, und wir über den Zustand seines Muskelgefühles nur mit Hülfe des elektrischen Stromes Aufschluss erhalten können, oder durch irgend eine dem Muskel beigebrachte Verletzung.

Was die Behandlung der Muskelanästhesie anbelangt, müssen wir die erstgenannte Art, wo das Leiden mit Läh-

mung vereint vorkommt, von der reinen Muskelanästhesie trennen. Jene haben wir als elektromuskuläre Sensibilität bei den einzelnen Lähmungsformen kennen gelernt und gesehen, dass ihr Vorkommen oder Verschwinden mit dem der Lähmung selbst innig verbunden ist. Gegen den Mangel des Muskelgefühls ohne Lähmung hat Duchenne zuerst die Faradisation mit Erfolg in Anwendung gebracht; doch ist ein günstiger Erfolg nur dann möglich, wenn das Leiden nicht durch Degenerationen im Rückenmarke, wie bei der Tabes dorsualis, bedingt ist, oder überhaupt die Leitungsfähigkeit der Nerven durch kein nicht zu beseitigendes Hinderniss unterbrochen ist. Nicht selten findet sich die Muskelanästhesie im Gefolge der Hysterie, sowohl mit als auch ohne Lähmungserscheinungen, meist mit Anästhesie der Haut verbunden. Hier gelingt es mit Hülfe der Faradisation, das Leiden zu beseitigen. In dem bei den hysterischen Lähmungen angeführten Falle (siehe S. 224) gelang es mir nach zwei Sitzungen, das normale Gefühl sowohl in der Haut als in den Muskeln wieder zu erwecken. Ist, wie in diesem Falle, neben dem Mangel des Muskelgefühles auch die Haut anästhetisch, so faradisirt man abwechslungsweise die Haut und die Muskeln in der bekannten Weise.

Die Anästhesie der Sinnesnerven, resp. der Retina und des Gehirnorganes, eignet sich besser zur Behandlung mittelst des constanten galvanischen Stromes, obwohl auch, besonders von Duchenne, durch die Faradisation günstige Erfolge bei den genannten Leiden erzielt wurden. Schon ein sehr schwacher galvanischer Strom vermag sowohl den Sehnerv als den Gehörnerv zu erregen, ohne die bei der Faradisation schwer zu vermeidenden Fasern des Trigeminus und resp. Facialis in Mitleidenschaft zu ziehen. Bei Anästhesie der Zunge, welche häufig mit anderen Sensibilitätsstörungen vereint vorkommt, mag die Faradisation den Vorzug verdienen, da hier nicht so fast der Geschmackssinn als vielmehr die empfindenden Nerven der Zunge, Fasern des Trigeminus erkrankt sind, welcher als ein gemischter Nerv durch den unterbrochenen Strom weit stärker erregt wird als durch den constanten.

Die Faradisation als resorptionsbefördernde Mittel.

Als Anhang zur Verwendung der Inductionselektricität in der Therapie der Nervenkrankheiten erwähne ich deren Eigenschaft, flüssige und selbst plastische Exsudate zur Resorption zu bringen, da die genannte Wirkung durch Vermittelung der Haut, resp. durch Erregung der Hautnerven, zu Stande kommt. Froriep hat in seiner schon öfter erwähnten Schrift über die rheumatische Schwiele etc. zuerst auf diese Wirkung der Elektricität aufmerksam gemacht, und in einer grossen Anzahl von Krankengeschichten gezeigt, wie die in Begleitung von rheumatischen Affectionen aller Art vorkommenden Ausschwitzungen, in die Haut, in das Unterhautzellgewebe und das Periost unter dem Einflusse eines elektrischen Stromes meist rasch resorbirt werden. Flüssige Exsudate in der Haut oder im Unterhautzellgewebe verschwinden unter der Einwirkung einer kräftigen Faradisation der Haut in ein paar Tagen; ist die Masse des Exsudates bereits organisirt, so ist zu deren Beseitigung eine längere Zeit nothwendig, gleichwohl vermag die Faradisation auch deren Lösung und Resorption zu bethätigen. Von der günstigen und sehr raschen Wirkung der Faradisation bei den rheumatischen Schwielen habe ich mich selbst öfter überzeugt. Schnitzer verwendete mit Erfolg magneto-elektrische Ströme zur Beseitigung von beginnenden gichtischen Ablagerungen (Der magneto-elektrische Rotationsapparat und seine Anwendung etc. Berlin 1850. S. 63). M. Meier erwähnt (l. c. S. 139) einen von Cohen behandelten Fall von Arthritis nodosa, dessen günstigen Verlauf er selbst beobachtete. Die fast gänzlich ankylosirten Gelenke der Hand und der Finger einer 60 Jahre alten Frau wurden durch die ein halbes Jahr lang fortgesetzte Anwendung der Inductionselektricität fast vollkommen wieder hergestellt. Die Frau konnte ihre Hand wie früher wieder gebrauchen, nur bei Bewegung der Fingergelenke war noch eine schwache Crepitation zu hören. Bei serösen Exsudationen in den Gelenken leistet die Faradisation vorzügliche Dienste, und kann dieselbe zu diesem Zwecke unbedingt empfohlen werden. Die Anwendung ist durchaus gefahrlos und wird selbst in solchen

Fällen, wo bei der geringsten Bewegung des Gelenkes heftige Schmerzen entstehen, und allenfalls der Verdacht einer noch bestehenden Entzündung im Inneren des Gelenkes vorhanden sein sollte, ihre günstige Wirkung äussern. Doch bediene man sich in solchen Fällen der Vorsicht halber lediglich der cutanen Faradisation auf die trockene Haut. Mit der Abnahme der Schmerzen beginnt die Beweglichkeit der Gelenke freier zu werden, und es ist nicht zu zweifeln, dass es bei fortgesetzter Behandlung gelingen wird, die Ausschwitzung vollkommen zur Resorption zu bringen. Liegt jener ein dyskrasisches, etwa ein scrophulöses oder gichtisches Leiden zu Grunde, so versteht sich von selbst, dass, um in diesen Fällen den elektrischen Strom mit Nutzen zu verwenden, vor oder neben der Faradisation das Grundübel selbst mit passenden Mitteln bekämpft werden muss.

II.

Die Faradisation in der Gynäkologie und Geburtshülfe.

Wir haben es in diesem Capitel ausschliesslich mit der Einwirkung des Inductionsstromes auf den Uterus zu thun, und zwar sowohl im ungeschwängerten als im geschwängerten Zustande; im ersteren Falle zum Hervorrufen der Menstruation, im letzteren zur Erweckung der Wehenthätigkeit. Doch ist damit keineswegs gesagt, dass alle übrigen in das Gebiet der Gynäkologie gehörenden Krankheitserscheinungen die Anwendung der Faradisation absolut ausschliessen. Wir haben schon einige hieher zu zählende Krankheiten, wie die hysterischen Affectionen, in ihrem Verhalten gegen die Electricität im Capitel über die Lähmungen und Anästhesien abgehandelt. Es bleibt uns daher nur noch die Wirkung des Inductionsstromes auf die erwähnten Functionen des Uterus zu betrachten, über welchen Gegenstand bereits eine Reihe von Beobachtungen vorliegt.

Zur **Regelung der Menstruationsthätigkeit** bei mangelhaftem Auftreten derselben wurde die Inductionselektricität von mehreren deutschen und ausländischen Aerzten mit dem besten Erfolge in Anwendung gebracht, so besonders von Schnitzer, Goodwin, Golding-Bird, Hervieux, Duchenne u. a. m. In der neuesten Zeit hat Schulz in Wien sich mehrfach mit diesem Gegenstande beschäftigt und in einem instructiven Artikel in der Wiener medicinischen Wochenschrift 1855, N. 49, eine Reihe von gelungenen Heilungen veröffentlicht. Er suchte die Menstruationsthätigkeit auf reflectorischem

Wege durch Erregung der Haut der Fusssohle einzuleiten, welches Verfahren der grösseren Decenz wegen in leichteren Fällen vor anderen den Vorzug verdient, besonders vor Duchenne's Methode, die Inductionselektricität direct auf den Uterus durch Einführung eines eigens hiezu dienenden Stromgebers in die Scheide einwirken zu lassen. Die directe Faradisation des Uterus halte ich nur in den seltensten Fällen für nothwendig, in den meisten wird man mit dem Durchleiten von Strömen durch das Becken ausreichen, wobei man den einen Stromgeber über der Schambeinverbindung, den anderen in der Kreuzbeinaushöhlung ansetzt; oder es wird auf reflectorischem Wege gelingen, das erwünschte Resultat zu erhalten, indem man entweder, wie Schulz, die Faradisation der Fusssohlen vornimmt, oder auf der inneren Fläche der Oberschenkel einen Hautreiz applicirt. Ich habe mich in zwei Fällen des zuerst erwähnten Verfahrens mit günstigem Frfolge bedient, indem ich schwache, langsam gehende Ströme in der angegebenen Weise das Becken passiren liess.

1) Elisabeth Schmied, 19 Jahre alt, Dienstmädchen, von kräftigem Körperbau, etwas blasser Gesichtsfarbe, menstruirte zuerst im 15. Jahre; bald darauf stellten sich chlorotische Erscheinungen ein, welche im Laufe eines halben Jahres nach dem Gebrauche von Eisenpräparaten zum Theil wieder schwanden. Seit dieser Zeit war Patientin nie vollkommen gesund, es stellten sich häufig noch Müdigkeit und Appetitlosigkeit ein, besonders einige Wochen vor dem jedesmaligen Eintritte der Menstruation, welche stets sehr unregelmässig eintrat, manchmal ein halbes Jahr pausirte, nie öfter als drei- bis viermal in einem Jahre erfolgte. Ich schritt nun, gestützt auf die warme Empfehlung Golding-Bird's, welcher behauptet, dass, wo der Uterus überhaupt noch im Stande sei, die fragliche Function zu üben, selbe unfehlbar durch die Elektricität hervorgerufen werde, zur Vornahme der Faradisation. Drei Wochen nach dem Verschwinden der letzten sehr spärlichen und schmerzhaften Menstruation wurde mit der Anwendung begonnen, und nach der zehnten täglich wiederholten Sitzung stellten sich schmerzfrei die Menses ein, welche während 36 Stunden in schwachem Grade anhielten. Nach einer Pause von vier Wochen schritt ich neuerdings zur Faradisation, welche diesmal in kürzerer Zeit den gewünschten Effect hatte. Schon nach der vierten Sitzung trat die Menstruation ein, welche diesmal drei Tage, was früher nie der Fall war, anhielt. Als ich meine frühere Patientin ein halbes Jahr darauf wieder sah, versicherte sie mir, dass sie sich seit dieser Zeit viel wohler fühle und dass die Menses alle vier Wochen, wenn auch nicht immer gleich stark, wiederkehrten. Ihr Aussehen war ebenfalls ein besseres geworden, so dass ich allen Grund habe, anzunehmen, dass das Leiden in der Hauptsache beseitigt, und dass auch eine

Regulirung der Menses in quantitativer Beziehung sich von selbst einstellen werde.

2) Sophie Lachmüller, 29 Jahre alt, Näherin (siehe S. 189), von kräftigem, untersetztem Körperbau und auffallend dunkelrother Gesichtsfarbe; erste Menstruation im 20. Jahre, stets unregelmässig, oft in Intervallen von einem halben Jahre, einmal selbst bis zu einem Jahre. Vor drei Jahren fühlte Patientin, dass sie beim Gehen leichter ermüde, als dies sonst der Fall war; bald darauf stellte sich ein Gefühl von Schwere im rechten Beine ein, welches im Verlaufe eines halben Jahres in eine Lähmung der Flectoren des Oberschenkels überging, so dass sie beim Gehen das rechte Bein mühsam nachschleppte. Die elektrische Reizbarkeit war in den gelähmten Muskeln vollkommen erhalten, ebenso waren die trophischen Verhältnisse derselben völlig normal. Ohne Anhaltspunkte zu einer bestimmten Diagnose zu finden, glaubte ich doch die Lähmung mit den Störungen der Uterinthätigkeit in Zusammenhang bringen zu müssen; ich versäumte daher nicht, neben der Faradisation der Muskeln das angegebene Verfahren zur Regulirung der Menstruation in Anwendung zu ziehen. Da nach dreimonatlicher Behandlung mit täglichen Sitzungen in der Lähmung durchaus keine Besserung eintrat, obwohl die Menses mehr geregelt waren, so stand ich von der Fortsetzung des erfolglos scheinenden Verfahrens ab. Ich war sehr erstaunt, als sie im Frühjahr d. J. nach dreiviertel Jahren eines Tages sicheren Schrittes bei mir ankam und mir referirte, dass ihr Befinden bald nach Beendigung der elektrischen Behandlung zu besseren sich anfing, die Regeln stellten sich häufiger ein, alle vier bis sechs Wochen, und nur manchmal, bei etwas längerem Ausbleiben derselben oder nach besonders lang anhaltendem Sitzen, werde ihr das Gehen wieder etwas erschwert.

Da die verschiedenartigsten Ursachen der Amenorrhoe zu Grunde liegen können, zu deren Beseitigung sehr verschiedenen, oft ganz entgegengesetzten Indicationen Genüge geleistet werden muss, so versteht sich von selbst, dass wir nicht in allen Fällen von Menstruationsstockungen unbedingt eine elektrische Behandlung einschlagen dürfen. Offenbaren Schaden würde man stiften, wo die Menses durch entzündliche Processe des Uterusgewebe oder des Peritoneums zurückgehalten werden; nutzlose Zeitverschwendung wäre es, das fragliche Verfahren bei ausgesprochener Chlorose für sich allein in Anwendung ziehen zu wollen, wo der Amenorrhoe ein dyskrasisches Leiden zu Grunde liegt. Vorzüglichen Erfolg leistet die Faradisation in solchen Fällen, die die Folge mangelhafter Innervation des Sexualsystemes sind, oder wo das Leiden durch Congestiezustände nach anderen Organen, wie nach dem Gehirne, nach der Lunge etc. oder durch vicarirende blutige oder anderartige Secretionen von Seite eines oder mehrerer Organe bedingt war. Ebenso in solchen Fällen wird sich die Faradi-

sation als nützlich erweisen, wo nach Beseitigung der Blutdyskrasie, besonders wenn diese mehrere Jahre lang bestanden hat, die periodische Congestion nach den Eierstöcken zu schwach ist, eine Berstung der Capillargefässchen und eine vollständige Menstruation herbeizuführen.

In Bezug auf die Zeit, wann mit der Faradisation zu beginnen ist, halte ich es für gerathen, in Fällen, wo sich Vorboten der Menstruation, Schwere im Unterleibe etc. bemerkbar machen, mit Beginn dieser auch die Faradisation zu beginnen. Die angeführten Erscheinungen beweisen, dass die Natur bestrebt ist, die periodische Function des Organes einzuleiten, ohne dieselbe jedoch zu Ende führen zn können. Hier wird der elektrische Reiz das mangelhafte Bestreben der Natur unterstützen und wo es nur immer möglich ist, die Menstruation auch hervorrufen. Zeigen sich keine solche Symptome, so mag man etwa acht bis zehn Tage vor dem muthmasslichen Eintritte der Regeln, wo derselbe zu erneuern ist, mit dem Verfahren beginnen, oder, wo man in Betreff der Zeit gar keine Anhaltspunkte hat, so fange man aufs Gerathewohl an und fahre dann bis zum Eintritt einer Menstruation fort.

In der **Geburtshülfe** kann die Inductions-Elektricität Anwendung finden, um die Uteruscontractionen und somit die Wehenthätigkeit, wo dieselbe noch nicht begonnen, anzuregen, oder eine mangelhafte Wehenthätigkeit zu verstärken. Um in dieser Beziehung die Wirkung der Elektricität zu erklären, legen wir die Anschauungsweise Scanzoni's (dessen Lehrbuch der Geburtshülfe, II. Aufl., S. 163) über die Art der Uteruscontractionen zu Grunde, welche unseres Dafürhaltens unter allen anderen am meisten für sich hat. Er hält die Bewegungen des Uterus resp. dessen Muskelfasern für reflectorische, und hält demnach den Eintritt der Wehen abhängig von einem Reize der sensitiven Nerven, welchen das immer mehr und mehr sich vergrössernde Ei durch Druck auf die innere Gebärmutterfläche veranlasst. Für die reflectorische Natur der Uteruscontractionen spricht ausser den physiologisch-anatomischen Nachweisen ganz besonders noch die jedem Geburtshelfer bekannte Erfahrung, dass die Gebärmutter schnell gegen jeden auf die Bauchhaut ausgeübten Reiz, wie z. B. bei Bespritzungen mit kaltem Wasser, durch Contractionen reagirt;

ebenso die Thatsache, dass beim Saugen an den Brüsten, wodurch eine Reizung der Empfindungsnerven stattfindet, Uteruscontractionen entstehen. Für die reflectorische Thätigkeit des Uterus überhaupt, auch im ungeschwängerten Zustande, spricht ferner noch die oben erwähnte Erscheinung, dass durch heftige Reizung der Hautnerven, wie sie die Faradisation verursacht, Menstruation erfolgt.

Eine Eigenthümlichkeit des menschlichen Uterus, welche er theilweise auch mit dem Herzen gemein hat und welche ebenfalls wieder für die reflectorische Natur seiner Bewegungen im Allgemeinen spricht, ist diese, dass er einen directen elektrischen Reiz, wie etwa die Ströme eines Inductionsapparates, nicht durch eine partielle Zusammenziehung der gereizten Stelle, sondern durch eine in toto stattfindende Contraction beantwortet. Wenn wir daher einen inducirten Strom durch Einführung des einen Conductors an den Muttermund, während der andere im Grunde der Gebärmutter oder in der Kreuzbeinaushöhlung angelegt wird, auf die Gebärmutter einwirken lassen, so werden wir eine dem Zwecke des Organes entsprechende Bewegung, d. h. eine vollkommene Wehe entstehen sehen. Dasselbe ist der Fall auch bei jedem anderen Ansetzen der Stromgeber, wenn nur der Uterus von dem Strome getroffen wird, und um zu verhindern, dass der Strom nicht mit Umgehung des Uterus seine Ausgleichung in den Bauchwandungen finde, dürfen die Stromgeber nicht allzunahe bei einander angelegt werden. Wir können also den Strom auch an beiden Seiten, oder am Grunde und einer Seite auf den Uterus einwirken lassen, stets wird der Erfolg derselbe sein, indem sich auch der ausserhalb des Stromkreises gelegene Theil an der Zusammenziehung des Organes betheiligen wird. Diese Eigenschaft der schwangeren Gebärmutter, auf einen elektrischen Reiz durch eine normale Wehe zu reagiren, macht den elektrischen Strom zu einem der wirksamsten, Wehen befördernden und erzeugenden Mittel, welches die Therapie in der Geburtshülfe aufzuweisen hat.

Die Anwendung des elektrischen Stromes zu dem genannten Zwecke ist nicht neu, schon vor mehr als funfzig Jahren haben Herder, Basedow u. a. m. den constanten galvanischen Strom bei mangelhafter Wehenthätigkeit, sowohl vor als nach dem Ausschlusse der Frucht, mit Erfolg in Anwendung gebracht.

Eine weniger glückliche Idee mag die von Kilian genannt werden, den elektrischen Strom vermittelst einer aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Geburtszange, der sogenannten galvanischen Zange, zu erzeugen und auf die Gebärmutter überzuführen. Unter den deutschen Aerzten, welche zuerst die Inductionsströme eines Rotationsapparates zum Erzeugen von Wehen mit Erfolg benutzten, sind besonders Jacobi und B. Frank zu nennen. Eine grössere Verbreitung fand die Anwendung der Elektricität zu diesem Zwecke in England, und besonders sind es Simpson, Radford, Tyler Smith, Wilson, Marshall Hall u. a. m., welche sich deren bedienten.

Die Faradisation der Gebärmutter entspricht in der Therapie der Geburtshülfe im Allgemeinen denselben Indicationen, wie das Secale cornutum. Sie möchte vielleicht vor diesem noch den nicht unwesentlichen Vortheil haben, dass sie auch in einem früheren Geburtsstadium zulässig ist, als dies nach der Ansicht aller Geburtshelfer bei dem Gebrauche des Secale der Fall ist. Zahlreiche Erfahrungen sprechen für die nachtheilige Wirkung des letztgenannten Mittels, wenn dasselbe in einem Zeitpunkte gereicht wird, in welchem der Muttermund noch nicht so weit eröffnet ist, dass nur einige wenige kräftige Contractionen der Gebärmutter die Geburt zu beendigen im Stande sind. Die nachtheiligen Folgen bestehen hauptsächlich in der Gefahr für das Leben des Kindes unter dem Einflusse längere Zeit anhaltender stürmischer, oft krampfhafter Wehen, wie sie nicht selten die zu frühzeitige Anwendung des Secale verursacht. Dies wird nicht zu befürchten sein bei der Anwendung der Elektricität, indem eine vorsichtige Faradisation des Uterus die gesunkene Wehenthätigkeit wohl anzuregen und zu erhalten vermag, nicht aber eine über das normale Maass gesteigerte Thätigkeit des Gebärorganes veranlassen wird. Dieser Umstand rechtfertigt das Verfahren Radford's, der die Elektricität zur Beseitigung von unregelmässigen, partiellen Contractionen der Gebärmutter, sogenannten Stricturen des Uterus, mit Erfolg in Anwendung brachte. Das Secale cornutum genügt bekanntlich dieser Indication nicht, sondern würde im Gegentheil die unterhalb der zurückgebliebenen Placenta entstandene Einschnürung der Gebärmutter noch verstärken.

Der englische Geburtshelfer Dempsey erwähnt eines Falles, wobei nach erfolgloser Anwendung von grossen Dosen Secale die Elektricität allein im Stande war, Wehen zu erzeugen, die bereits seit drei Stunden ausgeblieben waren; vierzig Minuten nach der ersten Vornahme des Elektrisirens der Gebärmutter wurde ein lebendes Kind geboren.

Scanzoni erwähnt in seinem Compendium der Geburtshülfe S. 480 in der Reihe der wehenerzeugenden Mittel auch der Elektricität, mit der Bemerkung, dass einerseits mehrfache Schwierigkeiten bei ihrer Anwendung in der Praxis, sowie andererseits der Umstand, dass sie stets mit ziemlich beträchtlichen Schmerzen für die Kreissende verbunden sei, ihn veranlasst habe, auf ihre Anwendung, selbst in der klinischen Praxis, Verzicht zu leisten. Was die ersterwähnten Schwierigkeiten anbelangt, stimme ich vollkommen mit Scanzoni's Ansicht überein, so weit nämlich diese Schwierigkeiten auf Seite des Publicums zu suchen sind, welches nicht unterlassen wird, jedes üble Ereigniss während oder nach der Geburt auf Rechnung der Elektricität zu schieben. Weniger von Belang ist die Schmerzhaftigkeit bei ihrer Anwendung, welche Scanzoni hervorhebt, und welche nach dessen Ansicht den Werth ihrer Anwendung auch in der klinischen Praxis schmälert, da die Beachtung einiger Cautelen die Application der Elektricität vollkommen schmerzlos macht. Vor Allem vermeide man die allzu raschen Ströme, welche stets die empfindenden Nerven in höherem Grade erregen; es ist zu diesem Zwecke höchstens eine Schnelligkeit von zwei bis drei Unterbrechungen in der Secunde zulässig. Ist der Apparat, dessen man sich hiezu bedient, ein volta-elektrischer, mit einem rasch sich bewegenden Hämmerchen, so bewerkstellige man das Unterbrechen der Ströme lieber auf mechanischem Wege, indem man das Hämmerchen mit dem Finger in Bewegung setzt oder sich des gezahnten Drehrades bedient, im Falle der Apparat mit einem solchen versehen ist. Bei den magneto-elektrischen Apparaten hat man die Geschwindigkeit der Unterbrechungen ohnediess in der Hand. Fürs Zweite wähle man zum Anlegen der Stromgeber solche Stellen, welche weniger reich an sensitiven Nerven, also weniger empfindlich sind. Eine solche Stelle bietet uns das untere Uterinsegment, resp. die Vaginalportion,

Eine partielle Contraction der unteren ringförmigen Muskelfasern des Uterus, wodurch eine Verengerung des Muttermundes erfolgen würde, ist bei dem Ansatze der Elektroden an die genannte Stelle nicht zu befürchten, da, wie schon erwähnt, der Uterus die Eigenschaft besitzt, einen an irgend einer Stelle erhaltenen elektrischen Reiz durch eine Contraction im Ganzen zu beantworten. Es dürfte am zweckmässigsten sein, den einen Excitator, eine mit einem angefeuchteten Schwamme versehene Metallsonde, unmittelbar an die Vaginalportion oder nach Umständen an das Scheidengewölbe zu führen, während man den anderen, eine etwa handgrosse Metallplatte, in die Kreuzbeinaushöhlung anlegt. Dieses Verfahren hat den Vorzug, dass es wegen der ungleich grossen Berührungsflächen der beiden Stromgeber, wobei die Wirkung fast ausschliesslich nur auf die an sensitiven Fasern arme Vaginalportion statthat, die Kreissende nicht belästigt, besonders wenn man die Vorsicht braucht, die Sonde zum Schutze der Scheidentheile durch einen Mutterspiegel aus Glas oder Horn einzuführen.

Ich habe noch keine Gelegenheit gehabt, die Inductions-Elektricität zu dem erwähnten Zwecke anzuwenden, zweifle jedoch nicht, dass das angeführte Verfahren, in den geeigneten Fällen in Anwendung gebracht, seiner Anforderung vollkommen entsprechen wird, und wenn auch seiner allgemeineren Verbreitung in der geburtshülflichen Praxis der oben genannte Umstand hindernd im Wege steht, ein Umstand, der jedoch keineswegs als ein nicht zu beseitigender zu betrachten ist, so dürfte es immer noch in Gebäranstalten ein fruchtbares Feld zur Anwendung und weiteren Constatirung seiner Wirksamkeit finden, um so mehr, als unter der Reihe der wehenbefördernden Mittel keines ist, welches vollkommen zuverlässig und sicher wirkt.

Schliesslich müssen wir noch einer Verwendung des Inductionsstromes in der Geburtshülfe erwähnen, und das ist die als Wiederbelebungsmittel bei scheintodt geborenen Kindern. Gotthold Scholz hat hierüber Versuche und Beobachtungen angestellt (dessen Bemerkungen über die Eintheilung und Behandlung des Scheintodes der Neugeborenen. Günsb. Zeitschr. Bd. II, S. 16), welche ihn zu der Ueberzeugung brachten, dass mit Vorsicht angewandte schwache elek-

trische Ströme so schnell und sicher wie kein anderes Mittel den noch glimmenden Lebensfunken wieder anzufachen vermögen. Die Elektricität wirkt hier analog den üblichen Wiederbelebungsmitteln, wie Bespritzen mit kaltem Wasser, Frottiren, Einreibungen von Ammoniakalien etc., indem sie wie diese die Respirationsorgane zur Thätigkeit anregt. Doch hat die Elektricität vor diesen Mitteln den Vorzug, dass sie direct und daher schneller und sicherer wirkt, wo überhaupt noch ein Erfolg erwartet werden kann, während diese nur auf reflectorischem Wege ihrer Indication zu entsprechen vermögen, indem sie durch Erregung der Hautnerven Reflexbewegungen der Respirationsmuskeln, besonders des Zwerchfelles, veranlassen. Das Verfahren, dessen sich Scholz hiebei bedient, ist folgendes: Er lässt, nachdem das Kind aus dem Bade genommen, den einen Excitator am Nacken festhalten, während er den anderen in der Gegend der Herzgrube hin- und herbewegt, oder wohl auch dort fixirt und einen schwachen Strom einwirken lässt. Nach ein bis zwei Minuten legt er das Kind neuerdings in ein Bad und wiederholt dann, wenn es noch nöthig ist, nach zwei bis drei Minuten dasselbe Verfahren noch einmal. Scholz versichert, auf diese Weise selbst noch in verzweifelten Fällen nicht selten ein günstiges Resultat erhalten zu haben. M. Meier bringt zu diesem Zwecke die Faradisation der N. N. phrenici in Vorschlag, welche jedoch nur mit äusserst schwachen Strömen und grösster Vorsicht vorgenommen werden dürfte.

Literatur über medicinische Inductions-Elektricität.

Hickmann, Die Elektricität als Prüfungs- und Belebungsmittel im Scheintode. Wien 1841. — Wetzler, J., Beobachtungen über den Nutzen und Gebrauch des Keil'schen Rotationsapparates in Krankheiten. Leipzig 1842. — Froriep, R., Beobachtungen über die Heilwirkungen der Elektricität etc. Weimar 1843. — Derselbe, Eine neue Behandlungsweise der Incontinentia urinae und Enuresis. Froriep's Notizen 1843, Nro. 17. — Petrina, Die magnet-elektrische Maschine für den ärztlichen und physikalischen Gebrauch. Linz 1844. — Löschner, T., Resultate über die Anwendung des Hessler'schen elektro-magnetischen Apparates. Prager Vierteljahresschrift 1844, S. 61. — Cramer, A. G., Beschreibung und Abbildung eines sehr compendiösen und zu therapeutischen Zwecken etc. zweckmässig eingerichteten elektro-magnetischen Inductionsapparates. Kiel 1845. — Frank, Heilung von Typosen der Augenzweige des N. trigeminus durch Anwendung der Magnetelektricität. Casper's medicinische Wochen-

schrift 1846, S. 42 u. 43. — Frank, B., Magnetelektricität zur Beförderung der Geburtsthätigkeit. Neue medicinische Zeitschrift für Geburtskunde. 1846, Bd. 21, H. 2. — Hesse, Erfahrungen und Beobachtungen über die Anwendung des magneto-elektrischen Rotationsapparates in verschiedenen Krankheiten. Neubrandenburg 1843. — Frank, Die Behandlung eines Scheintodten in Folge von Asthma mittelst Magnetelektricität. Froriep's Notizen 1847, Nro. 70. — Nix, H. A., De Electromagnetismo ejusque vi et usu in medicina. Diss. inaug. Bonn 1847. — Beckensteiner, C., Etudes sur l'électricité. De l'électricité médical chez les anciens. Nouv. méth. Paris 1849. — Hesse, J., Ueber die Anwendung der Magnetelektricität bei Lähmungen und anderen Leiden. Vortrag etc. Graevell's Notizen, Bd. IV, S. 405. — Massé, J., De l'électricité en thérapeutique. Paris 1850. — Scholz, Gotthold, Bemerkungen über die Eintheilung und Behandlung des Scheintodes der Neugeborenen. Günsberger Zeitschrift, Bd. II, S. 16. — Valerius, H., Mémoire sur l'émploi de l'électricité en méd. Annal. de soc. d. méd. de Gant, T. 29, p. 115. — Schnitzer, A., Praktische Anleitung zur Anwendung des elektro-magnetischen Apparates. Berlin 1843. — Derselbe, Der magneto-elektrische Rotationsapparat und seine Anwendung etc. Berlin 1850. — Rauch, Coup d'oeil historique sur l'application de l'électricité à la méd. Strassbourg 1851. — Schlesinger, H., Die Elektricität als Heilmittel. Vom physikalischen und experimentell-physiologischen Standpunkte erörtert. Zeitschrift der Wiener Aerzte. 1852. Juli. — Klenke, Die patentirte elektrische Inductionsmaschine von Dankwerth. Leipzig 1853. — Debout, Coup d'oeil sur la valeur de l'électricité dans la traitment des paralysies. Paris 1853. — Schneemann, Die Dankwerth'sche Inductionsmaschine. Hannoversches Correspondenzblatt 1851, Bd. II, S. 18. — Meinel, E., Der galvano-elektrische Inductionsapparat des Mechaniker Heller in Nürnberg, und dessen Anwendung. Illustrirte medicinische Zeitung 1852, 1, 4. — Debaut, Ueber die Wirksamkeit der Elektricität bei Behandlung von Lähmungen aus traumatischen Ursachen. Bull. de Thérapie 1852. October bis December. — Willebrand, Ueber die Anwendung der Elektricität in der Medicin. Medicinische Zeitung Russlands 1852, S. 42 u. 43. — Brierre de Boismont, Diagnostische Untersuchungen verschiedener Arten der allgemeinen Lähmung vermittelst der localen Galvanisation. Schw. Jahrbuch 1851, S. 110. — Bach, Der Elektromagnetismus als vorzügliches Heilmittel bei Lähmungen. Wiener medicinische Wochenschrift 1851, Nro. 28. — Hervieux, E., Amenorrhöe mit Blutbrechen, Heilung durch Elektromagnetismus. L'Union 1851, S. 151 u. 152. — Knipfer, Heilung einer rheumatischen Lähmung durch den elektro-magnetischen Rotationsapparat. Preussische Vereinszeitung 1852, 10. — Verhandlungen der Wiener Aerzte über Duchenne's Galvanisation localisée. Zeitschrift der Wiener Aerzte 1852, Nov. S. 473. — Debout, Note sur une difformité non encore décrite de l'épaule et sur son traitement. Bull. de Thérap. 1850, Sept. p. 5. Oct. p. 172. — Deneubourg, Mémoire et observations sur le nouveau traitement des maladies nerveuses et musculaires par la galvanisation localisé etc. Journ. de méd. de Brux. 1852, Août, p. 97. — Sandras, Application de l'électricité dans les maladies nerveuses. Union méd. 1852, Nov. — Lawrence, On the application and Effect of Electricity and Galvanism. London 1853. — Gull, W., On the

Value of Electricity as a remedial agent. Guy's Hosp. Rep. 1852, T. VIII, p. 89. — Schulz und Brühl, Einige Bemerkungen über die Galvanisation localisé Duchenne's. Wiener medicinische Wochenschrift 1853, Nro. 38 u. 39. — Jaksch, Ueber die Entdeckung Duchenne's in physikalischer, anatomisch-physiologischer und pathologischer Beziehung. Prager Vierteljahresschrift 1853, Bd. 39, S. 187. — Cotin, De la paraplégie. Journ. de conn. méd. et chir. 1851. — Videt, F., Quelques considérations sur l'électricité méd. Montpellier 1853. — Crimotel de Tilloy, L'électr., le galvan. et le magnet. appl. aux mal. nerveuses et chron. Paris 1853. — Jobert de L., Einfluss der Elektricität bei durch Chloroform-Gebrauch entstandenen üblen Zufällen. L'Union 1853, S. 103 bis 105. — Rapp, G., ersuche mit dem Hassenstein'schen Apparate. Deutsche Klinik 1853. Nro. 38. — Dibdin, C., Die Elektricität als therapeutisches Agens. The Lancet 1853, Juli. — Köllreuter, Die Elektricität als Heilmittel und der Etting'sche Apparat insbesondere. Würtemberger Conversationsblatt 1853. Nro. 26. — Brochin, Die Elektricität als diagnostisches Mittel bei Paralysen. Annal. méd. phys. 1853, Avril. — Heidenreich, Elemente der therapeutischen Physik. Leipzig 1854. — Scholz, R., Die Elektricität gegen Impot. viril. Wiener medicinische Wochenschrift 1854. Nro. 10 u. d. f. — Guitard, M., Histoire de l'électr. médical. Paris 1854. — Bougard, Application de l'électricité à la médicine. Gaz. des Hôp. 1854, S. 110. — Laurel, L., Heilung einer paralytischen Muskelatrophie mittelst Elektricität etc. Rev. therap. du Midi 1854, Juill., Août. — Blaschko, Anwendung des Rotationsapparates gegen nächtliche Enuresis. Medicinische Centralzeitung 1854, Nro. 11. — Nieto, Anwendung der Elektricität in der Medicin. El. siglo med. 1854, 17. 21. — Trabanco, Anwendung der Elektricität in der Medicin. El Heraldo méd. 1854. 107. — Briquet, hysterische Anästhesie der Haut und Muskeln in ihrem Verhalten gegen Elektricität. Gaz. des Hôp. 1854, p. 133. — Marié, A., De l'application de l'électricité à la thérap. Montpellier 1854. — Gras, Sur l'atrophie musculaire progr. Gaz. des Hôp. 1855. p. 50. — Gaitard, M., Application de l'électr. à la médicine. Gaz. de Toulon 1855, Jan. — Scarenzio, Die Elektricität als diagnostisches Mittel. Gazetta Lombarda 1855. — Robinson, Ueber elektrische Lithotripsie. London. Dubl. quart. 1855, Mai. — Boulu, Du traitement des Adénites cervicales. L'Union 1856, Sept. — Masson, Notices scientifiques et observations méd. sur les buses él.-magn. de Nicolle. Paris 1855. — Duchenne de B., De l'électrisation localisée et de son application etc. Paris 1855. — Derselbe, Paralysie atrophique graesseuse de l'enfance et son traitement par la farad. loc. Paris 1855. — Remak, Ueber methodische Elektrisirung gelähmter Muskeln. Berlin 1855. — Hasse, K., Handbuch der spec. Pathologie und Therapie von Virchow. Nervenkrankheiten. Erlangen 1855. Behandlung der Lähmungen, S. 335. — Schulz, B., Die Reflexwirkungen der Inductions-Elektricität im Allgemeinen und deren Benutzung als Heilmittel etc. Wiener medicinische Wochenschrift 1855. Nro. 49. — Derselbe, Ueber die Wirkungen der Elektricität auf Sensibilität und Contractilität der Muskeln bei der Cholera. Wiener medicinische Wochenschrift 1855, Nro. 3 u. 4. — Holsbeck, van, Application de l'électro-galvanisme à la cure des paralysies et de contractures. Journ. de Brux. 1854, Mai. — Derselbe, L'émploi de l'électricité comme

agent thérapeutique. Journ. de Brux. 1854, Oct. — Oré, Zwei Lähmungen des N. facialis mit localisirter Elektricität behandelt. Froriep's Notizen. 1857, Bd. I, S. 73. — Erdmann, B., Die örtliche Anwendung der Elektricität etc. mit Zugrundelegung des Duchenne'schen Werkes. Leipzig 1856. — Markbreiter, P., Ueber die Anwendung der Elektricität bei Kinderkrankheiten. Oesterreichische Zeitschrift für Kinderheilkunde. I. Jahrgang. Heft 10. 1856. — Friedberg, H., Ueber myopatische Luxationen und deren Behandlung. Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde 1857, Nro. 1. — Fick, A., Einige Bemerkungen über die neuere Elektrotherapie vom physikalisch-physiologischen Standpunkte. Wiener medicinische Wochenschrift 1856, Nro. 48 u. 49. — Weck, R., Fünf Fälle von glücklicher Heilung durch die Faradisation. Medicinische Zeitung Russlands 1856, S. 14. — Meier, M., Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medicin. Berlin 1854. — Derselbe, Die Elektricität als diagnostisches und therapeutisches Mittel. Medicinische Centralzeitung 1854, S. 93. — Derselbe, Die Bedeutung der Elektricität für die Prognose der Lähmungen. Medicinische Centralzeitung 1855, S. 30. — Derselbe, Einige Fälle von Augenkrankheiten durch Elektricität geheilt. Deutsche Klinik. 1856, Nr. 38. — Derselbe, Ueber die Behandlung der Neuralgien durch Elektricität. Deutsche Klinik 1857, Nr. 9. — Bouvier, Electricité médicale. Rapport lu à l'Academie Imperiale de médicine. (Extrait du bulletin etc.) Paris 1856. — Richter, H., u. Erdmann, A., Bericht über medicinische Elektricität. Schmied's Jahrbuch. Bd. 94, S. 97. — Becquerel, A., Traité des applications de l'électricité à la thérapeutique médical et chirurgical. Paris 1857.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Der Inductionsapparat des Verfassers. Siehe dessen ausführliche Beschreibung S. 141.

Fig. 2. Elektrischer Doppelpinsel zur Faradisation der Haut, wobei die beiden Pinsel zur bequemeren Handhabung an einem isolirenden Griffe befestigt sind.

Fig. 3. Einfacher Pinsel, entweder mit einem gleichen solchen, oder mit der Platte, Fig. 6, anzuwenden.

Fig. 4. Schwammhalter zur Faradisation der Muskeln und Nerven.

Fig. 5. Stromgeber zur Faradisation kleiner begrenzter Stellen, wie der Gesichtsmuskeln, der Nerven des Halses etc.

Fig. 6. Messingplatte zur Verringerung des Leitungswiderstandes, mit Fig. 3, 4, 5 u. 7 zu verwenden, wo entweder eine Verstärkung der Wirkung des Stromes an einer, oder eine Abschwächung an der anderen Elektrode beabsichtigt ist.

Fig. 7. Eine in einer Kautschukröhre isolirte, geknöpfte, biegsame Metallsonde zur Faradisation der Blase.

Berichtigungen.

Seite 80, Zeile 19 v. o. statt „Nervenströme“ lies „Nervenstämme“.

„ 212, „ 2 v. o. „ „$1\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$ Pfund“ lies „$\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ Pfund“.

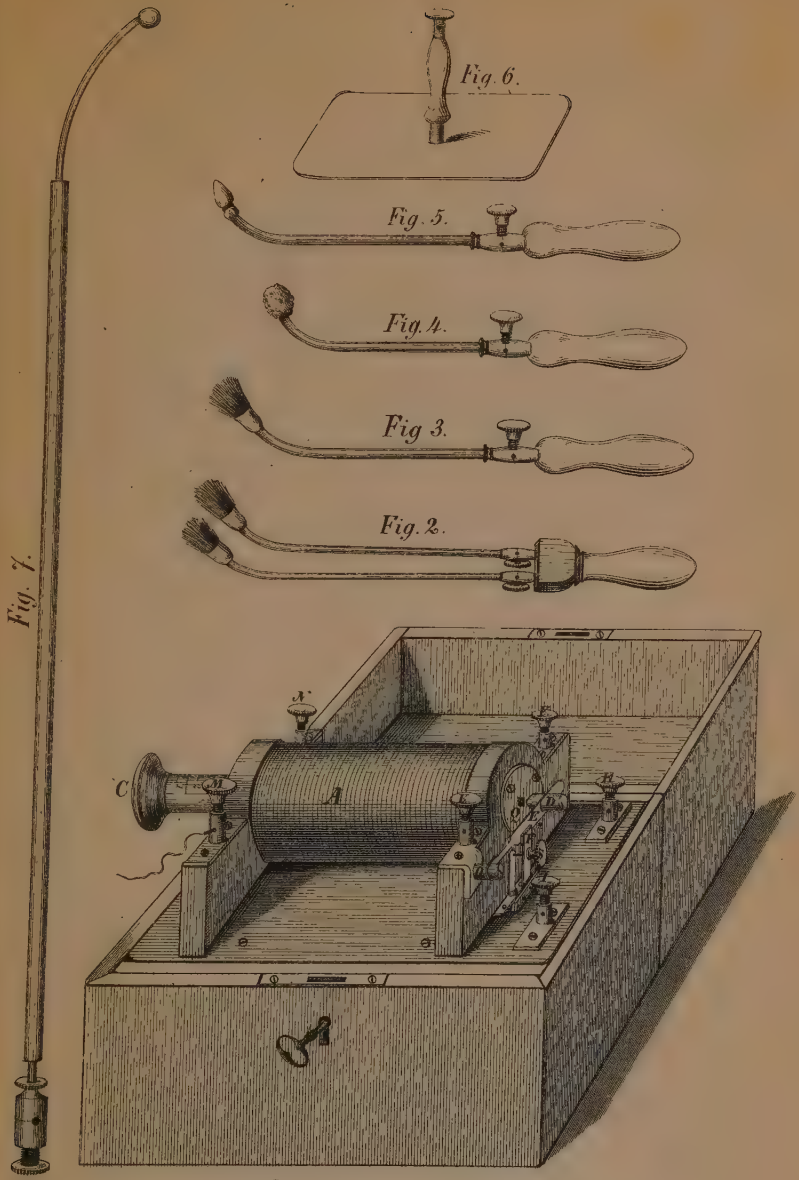
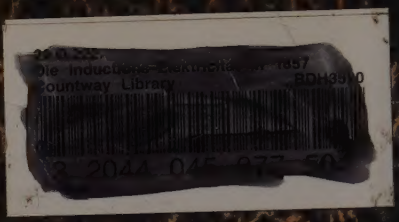


Fig 1.

22.O.222.
Die Inductions-Elektricität
Cornell University Library
SDH352
44 045 377 5 4

COUNTWAY LIBRARY
HC 542E B


Countway Library
BDH3500